

VŠB – Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Katedra obrábění, montáže a strojírenské metrologie

## **Racionalizace frézování čel tyčových polotovarů**

### **The Rationalization of Milling Faces of Rod Semifinished Product**

Student:

Tomáš Čulík

Vedoucí bakalářské práce:

doc. Ing. Vladimír Vrba, CSc.

Ostrava 2015

## Zadání bakalářské práce

Student: **Tomáš Čulík**  
Studijní program: B2341 Strojírenství  
Studijní obor: 2303R002 Strojírenská technologie  
Téma: **Racionalizace frézování čel tyčových polotovarů**  
**The Rationalization of Milling Faces of Rod Semifinished Product**

Zásady pro vypracování:

1. Obecná charakteristika daného problému.
2. Problematika frézování.
3. Návrh vlastního řešení.
4. Diskuze experimentů.
5. Technicko-ekonomické zhodnocení.

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] BRYCHTA, J.; ČEP, R.; SADÍLEK, M.; PETŘKOVSKÁ, L.; NOVÁKOVÁ, J. *Nové směry v progresivním obrábění*. Ostrava : Ediční středisko VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2007. Dostupné na <http://www.elearn.vsb.cz/archivcd/FS/NSPO>. ISBN 978-80-248-1505-3.
- [2] HUMÁR, A. *Materiály pro řezné nástroje*. Brno : MM Publishing Praha, 2008, 235 s. ISBN 978-80-254-2250-2.
- [3] NESLUŠAN, M.; TUREK, S.; BRYCHTA, J.; ČEP, R.; TABAČEK, M. *Experimentálne metódy v trieskovom obrábání*. 1. vyd. Žilina : Žilinská univerzita v Žiline, EDIS, 2007. 343 s. ISBN 978-80-8070-711-8.
- [4] SHAW, Milton C. *Metal Cutting Principles*. 2nd edition. New York : Oxford University Press, 2005. 651. p. ISBN 0-19-514206-3.
- [5] STEPHENSON, D. A.; AGAPIOU, J. S. *Metal cutting theory and practice*. New York : Marcel Dekker, Inc., 1997. ISBN 0-8247-9579-2.


Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Vladimír Vrba, CSc.**

Datum zadání: 12.12.2014

Datum odevzdání: 18.05.2015



  
Ing.et Ing.Mgr. Jana Petřů, Ph.D.  
vedoucí katedry

  
doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.  
děkan fakulty

### **Místopřísežné prohlášení studenta**

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucí bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě dne 18.05.2015



.....  
podpis studenta

## Prohlášení o využití výsledků bakalářské práce

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на ве́доміі, же Высoкá škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́доміі, же odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě dne 18.05.2015

.....  
podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Tomáš Čulík

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Tatenice č. p. 5  
561 31 TATENICE

**ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

ČULÍK, T. *Racionalizace frézování čel tyčových polotovarů*: bakalářská práce. Ostrava: VŠB – Technická universita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra obrábění, montáže a strojírenské metrologie, 2015, 51s. Vedoucí práce: Vrba, V.

Bakalářská práce se zabývá konstrukčním návrhem na efektivnější využití ostří u vyměnitelné břitové destičky při frézování tyčových polotovarů. Práce zahrnuje teoretické seznámení s použitou technologií obrábění, popis původní metody výroby a nové metody, pro kterou byly společností JCEE s.r.o. vyvinuty a následně vyrobeny obráběcí stroje. Dále také práce obsahuje podrobnější popis konstrukce strojů. Hlavní část práce je zaměřena na konstrukční návrh pro úspornější metodu frézování a tím i efektivnější opotřebení břitu destičky. V technicko-ekonomickém zhodnocení je uvedeno porovnání dosažených výsledků a výpočet úspory navrhovaného řešení.

**ANNOTATION OF BACHELOR THESIS**

ČULÍK, T. *The Rationalization of Milling Faces of Rod Semifinished Product*: Bachelor Thesis. Ostrava : VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Machining, Assembly and engineering metrology 2015, 51p. Thesis head: Vrba, V.

This bachelor thesis is concerned with a concept of more efficient utilization of a removable edge tool's blade during routing of bar semi-products. The thesis comprises familiarization with an applied tooling technology, both original and new production method descriptions for which machine tools were developed and subsequently made by JCEE s.r.o. company. Furthermore, the thesis contains more detailed description of a tool machine construction. The main part of the thesis focuses on a constructive concept of more economical routing method and thus more effective abrasion of the tool's edge. Finally, the comparison of the acquired results and calculation of conservation of a proposed solution are stated in the technical and economical estimation.

**Obsah bakalářské práce:**

<b>Seznam použitých zkratk a symbolů .....</b>	<b>8</b>
<b>Úvod .....</b>	<b>9</b>
<b>1 Obecná charakteristika daného problému.....</b>	<b>10</b>
1.1 Představení společnosti JCEE, s.r.o. ....	11
<b>2 Problematika frézování.....</b>	<b>13</b>
2.1 Teorie planetového frézování.....	15
2.2 Konstrukce stroje JB008 .....	16
2.2.1 Rám – podskupina 010 .....	17
2.2.2 Křížový stůl – podskupina 020 .....	18
2.2.3 Doprník – podskupina 030 .....	19
2.2.4 Kryty – podskupina 040.....	20
2.2.5 Vřeteno – podskupina 050 .....	21
2.2.6 Upnutí – podskupina 060.....	22
2.3 Konstrukce stroje JB010 .....	23
2.3.1 Rám – podskupina 010 .....	25
2.3.2 Křížový stůl – podskupina 020 .....	26
2.3.3 Upínání – podskupina 030 .....	27
2.3.4 Vstup – podskupina 040 .....	28
2.3.5 Vřeteno – podskupina 050 .....	29
2.3.6 Kryty – podskupina 060.....	30
2.3.7 Pohyblivý doraz – podskupina 070.....	31
<b>3 Návrh vlastního řešení .....</b>	<b>32</b>
3.1 Původní metoda technologie frézování.....	32
3.2 Nová metoda technologie frézování.....	33
3.3 Výpočet drážkového spoje na otláčení.....	35
3.4 Výpočet šroubu na otlak závitu.....	37

3.5	Výpočet převodového poměru ozubených kol.....	40
<b>4</b>	<b>Diskuze experimentů .....</b>	<b>41</b>
<b>5</b>	<b>Technicko-ekonomické zhodnocení .....</b>	<b>44</b>
5.1	Původní metoda technologie frézování .....	44
5.2	Nová metoda technologie frézování.....	44
5.3	Návratnost investice nové metody obrábění .....	45
<b>Závěr .....</b>		<b>46</b>
<b>Seznam použité literatury: .....</b>		<b>47</b>
<b>Seznam obrázků.....</b>		<b>49</b>
<b>Seznam příloh.....</b>		<b>50</b>

**Seznam použitých zkratek a symbolů**

Zkratka:	Jednotka:	Popis:
$C_D$	[Kč]	Cena destičky
$C_n$	[Kč]	Celkové náklady nakupovaných dílů
$CN_{NM}$	[Kč]	Celková cena investice nové metody s ohledem na „X”
$CN_{PM}$	[Kč]	Celková cena investice původní metody s ohledem na „X”
$C_{ped}$	[Kč]	Celkové cena výroby pevného dorazu
$C_{pod}$	[Kč]	Celkové cena výroby pohyblivého dorazu
$C_v$	[Kč]	Celkové náklady vyráběných dílů
$M_{max}$	[ks]	Maximální počet obrobených tyčí pro jednu sadou frézy
$N1K_{NM}$	[Kč/ks]	Náklady na výrobu jednoho kus nové metody metody
$N1K_{PM}$	[Kč/ks]	Náklady na výrobu jednoho kus původní metody
$N_H$	[hod]	Návratnost v hodinách při jednosměnné výrobě (tj.8hod)
$P_{VD}$	[ks]	Počet vyměnitelných destiček jedné sady frézy
$P_{VK}$	[ks]	Počet vyrobených kusů za jednu pracovní směnu (tj.8 hod)
$T$	[ks/min]	Takt strojů JB008 a JB010
$X$	[ks]	Počet vyrobených kusů v závislosti na návratnosti investice



## Úvod

Strojírenství patří mezi nejstarší a nejrozšířenější technické obory jak v České republice, tak i v zahraničí. Nejrychlejší rozvoj tohoto odvětví nastal v období průmyslové revoluce, ale prvotní zmínka se datuje už od starověku. Významnou oporou české ekonomiky je celá řada strojírenských firem, které mají bohatou historii. K významným oblastem strojírenství patří třískové obrábění, které je nepostradatelnou součástí pro většinu strojírenských oborů.

Cílem bakalářské práce je konstrukční návrh pro zdokonalení technologie na efektivnější využití ostří u vyměnitelné břitové destičky při frézování tyčových polotovarů.

V bakalářské práci je popsán konstrukční návrh jednoúčelových zařízení. Stroje jsou určené na frézování hran tyčových polotovarů. Zadavatelem zakázek byla společnost Valenta ZT, s.r.o. se sídlem ve Všetatech. Zakázky na výrobu požadovaných zařízení obdržela firma JCEE s.r.o. se sídlem v Lanškrouně, která se zabývá výrobou jednoúčelových strojů.

Teoretická část práce pojednává o seznámení s použitou technologií obrábění, popisem původní metody výroby, nové metody obrábění a v neposlední řadě samotným popisem obráběcích strojů. V přílohách jsou uvedeny technické specifikace zařízení na sražení hran tyčových polotovarů, na základě kterých byly stroje vyráběny. Praktická část je věnována konstrukčnímu návrhu na zdokonalení metody frézování a tím i efektivnějšímu využití ostří břitové destičky a výpočtu vhodných obráběcích parametrů. V technicko-ekonomickém zhodnocení je výpočet a porovnání cen původní a nové technologie. Kapitola také obsahuje výpočet návratnosti investice a celkovou úsporu výrobních nákladů.

## 1 Obecná charakteristika daného problému

Firma Valenta ZT, s.r.o. se specializuje na výrobu tyčí a hřídelí s trapézovým závitem, závitových tyčí velkých průměrů a délek, která zahrnuje široké spektrum materiálů od neušlechtilých ocelí po zušlechtěné vysoko pevnostní a nerezavějící oceli. Výrobní série společnosti začínají na desítkách kusů větších dílů a pokračují po zakázky čítající desítky tisíc kusů, a proto je pro společnost nezbytně nutné průběžně investovat do moderního výrobního vybavení a také do systému kontroly kvality. [3]

Vzhledem k počtu vyráběných závitových tyčí tak bylo nutné rozšířit stávající strojový park firmy o další zařízení, a proto společnost vypsala výběrové řízení na výrobu jednoúčelových strojů na srážení hran tyčových polotovarů.

Původní výrobní technologii pro srážení hran tyčových polotovarů představovala pásová bruska, kde operátor zkosil hranu postupným otáčením tyče v rukou. Velikost sražení byla úměrná velikosti závitu. Odpor a doba broušení byla závislá na pevnosti a jakosti materiálu. Vzhledem k brusnému prachu, tak bylo nutné odsávání v průběhu broušení a následné ofouknutí tyče po broušení.

Společnost JCEE, s.r.o. přišla s inovativní výrobní metodou frézováním a obdržela tak dvě zakázky na výrobu jednoúčelových zařízení na srážení hran tyčových polotovarů.



Obrázek 1. Pásová bruska na srážení hran

### 1.1 Představení společnosti JCEE, s.r.o.

Společnost JCEE, s.r.o. se sídlem v Lanškrouně v ulici Dobrovského, byla založena v roce 1992, jako dceřiná společnost japonské firmy JCC Engineering Co. Ltd. [2]

V roce 1995 se firma rozšířila o nové prostory na stávající adrese. Původně konstrukční kancelář se rozšířila o nové prostory a po kompletní reorganizaci byly vytvořeny předpoklady pro nový rozvoj společnosti. [2]

V roce 1997 firma zahájila výrobu zakázkových jednoúčelových strojů a zařízení. [2]

V roce 2001 společnost zahájila zakázkovou výrobu dílců v nově vybudovaných prostorách obrobny. [2]

V roce 2004 společnost rozšířila výrobu jednoúčelových strojů pro automobilový průmysl. [2]

V roce 2006 firma založila pobočku v Moravské Třebové. [2]

V roce 2008 došlo ke kompletní restrukturalizaci firmy. [2]

V roce 2014 společnost rozšířila prostory o těžké montáže v Moravské Třebové. [2]

V oddělení konstrukce, montáže, konvenčního a CNC obrábění a v ostatních odděleních společnost v současnosti zaměstnává přibližně 80 zaměstnanců. [4]

V úzké spolupráci s mateřskou firmou JCCE Co. Ltd. se společnost JCEE, s.r.o. podílí na vývoji strojů pro výrobu elektronických součástek, jejichž odběrateli jsou přední světoví výrobci a to především elektrolytických kondenzátorů. [4]

Společnost JCEE, s.r.o. také zastupuje také přední světové výrobce, kterými jsou JANOME (roboty a elektrolisy), Canon NTC (popisovače bužírek) a CSM (ohýbačky trubek). [2]

## Výroba jednoúčelových strojů

Hlavní náplní výrobního programu JCEE, s.r.o. je především vývoj a výroba automatických strojů pro automobilový a elektrotechnický průmysl. Společnost zajišťuje výrobu zakázkových zařízení od konstrukčního návrhu přes výrobu, instalaci strojů a zprovoznění u zákazníka. Samozřejmostí je záruční a pozáruční servis dle požadavků zákazníka. [1;4]

Firma se soustřeďuje především na výrobu zejména montážních a kontrolních strojů, na automatizovaná pracoviště a montážní linky sloužící k mechanizaci a automatizaci výrobních procesů. Zařízení jsou vyvíjena podle požadavků zákazníků nebo podle dodané technické specifikace. Vyráběné stroje splňují nezbytné požadavky evropských norem a mají certifikát CE. [1;4]

S ohledem na požadavky zákazníků jsou stroje vybaveny různými komponenty renomovaných výrobců automatizační techniky zejména od mechanických prvků přes pneumatické a hydraulické jednotky, elektronické komponenty, robotické jednotky, výpočetní techniku, až po řídicí systémy. [1;4]



Obrázek 2. Hlavní sídlo společnosti JCEE, s.r.o. [2]

## 2 Problematika frézování

Vzhledem k tomu, že se jednalo o první obráběcí stroj svého druhu, který společnost JCEE, s.r.o. navrhovala, bylo nutné vycházet z obecných předpokladů a teorie planetového frézování.

První stroj, který pro zákazníka na základě specifikace (viz příloha A) společnost vyrobila, byl stroj JB008. Zařízení bylo navrženo jako poloautomatické, určené k obsluze jedním operátorem. Operátor pouze zakládal na dopravník tyče a zbývající pracovní úkony byly plně automatizované, až po výstupní pozici, kdy oboustranně obrobená tyč byla dopravníkem vržena na skluzovou plochu.



Obrázek 3. Frézovací stroj JB008

Později se však ukázalo, že při obrábění tyčí dochází k bodovému opotřebení břitové destičky a není tak možné využít efektivně celý ostří břitové destičky, což zvyšovalo výrobní náklady tyčí.



Zkoumáním příčin bylo zjištěno, že bodové opotřebení břitové destičky způsobuje pevný doraz, na který je doražena tyč před samotným obrobením.



Obrázek 4. Opotřebovaná destička stroje JB008

Druhý stroj, který pro zákazníka na základě specifikace (viz příloha B) firma JCEE, s.r.o. vyrobila, byl stroj JB010. Zařízení bylo navrženo jako poloautomatické, určené k obsluze jedním operátorem. Operátor již musel tyč ručně založit na upínací prizma a zároveň po doraz. Vzhledem ke zkušenostem z předchozího stroje JB008, byl zákazníkem kladen důraz na náhradu pevného dorazu dorazem pohyblivým, kde byl tak vytvořen předpoklad pro efektivnější využití břitové destičky. Společnost JCEE, s.r.o. tak byla postavena před nelehký úkol navrhnout pohyblivý doraz, který by byl automaticky přestavitelný a zároveň konstrukčně vhodný odolávat rázům vzniklým při zakládání tyčí operátorem. Dalším stěžejním úkolem bylo osadit doraz detekcí správného založení do stroje tak, aby při ručním zakládání byla tyč ustavena do správné polohy pro obrábění.

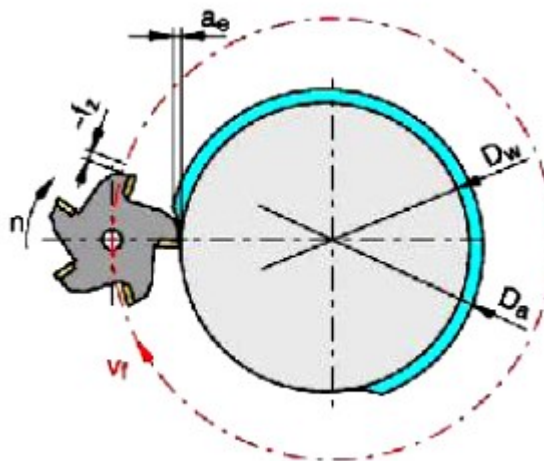


Obrázek 5. Frézovací stroj JB010

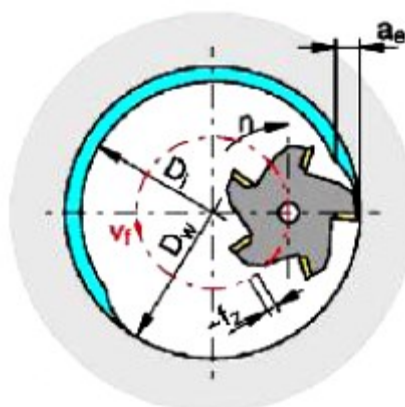
## 2.1 Teorie planetového frézování

Planetové frézování patří mezi základní rozdělení frézování z technologického hlediska v závislosti na aplikovaném nástroji. Především je využíváno u číslicově řízených frézek a u obráběcích center, které jsou vybaveny kruhovou interpolací. Pohyb nástroje, který představuje fréza, může být řízen po kružnici. Technologií planetového obrábění je možné obrábět části, nebo i celé rotační plochy. Uplatnění nachází u frézování vnitřních zápchů, vnějších válcových výstupků, kruhových zaoblení a větších otvorů. [5;6]

Tento způsob frézování využívají oba navržené stroje JB008 a JB010 předurčené k frézování konců tyčových polotovarů, které vyrobila firma JCEE, s.r.o.



Obrázek 6. Planetové obrábění vnější [6]



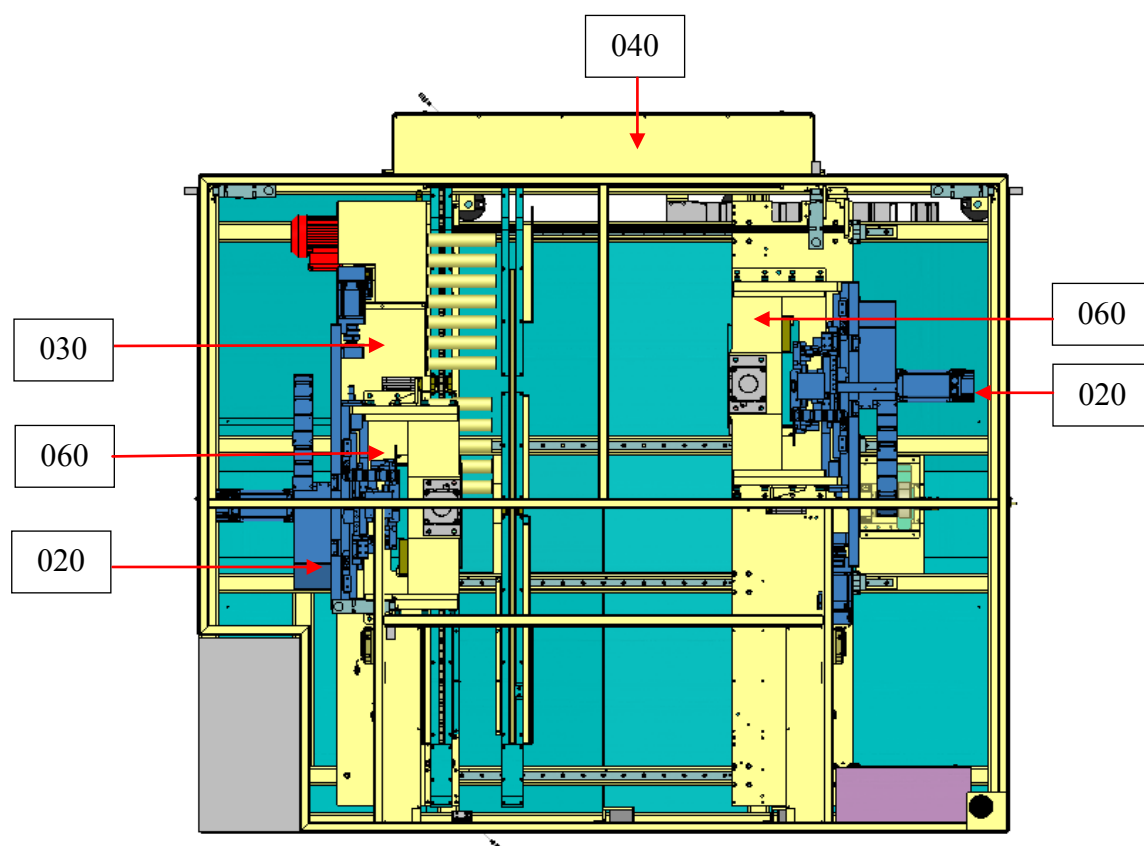
Obrázek 7. Planetové obrábění vnitřní [6]

## 2.2 Konstrukce stroje JB008

Rám stroje je svařený z ocelových profilů a je ustaven na nastavitelných nohách s gumovým zakončením. V boční části stroje je umístěn rozváděč. Prvky pneumatického systému jsou na samostatné ocelové desce v zadní části rámu stroje. Kryt zařízení je svařený z ocelových profilů a z průhledných plastů z polykarbonátu Makrolon. Na krytu je umístěn ovládací panel, maják a bezpečnostní světelný závěs.

Ve stroji jsou tyto podskupiny:

- |                |       |
|----------------|-------|
| - rám          | - 010 |
| - křížový stůl | - 020 |
| - dopravník    | - 030 |
| - kryty        | - 040 |
| - vřeteno      | - 050 |
| - upnutí       | - 060 |

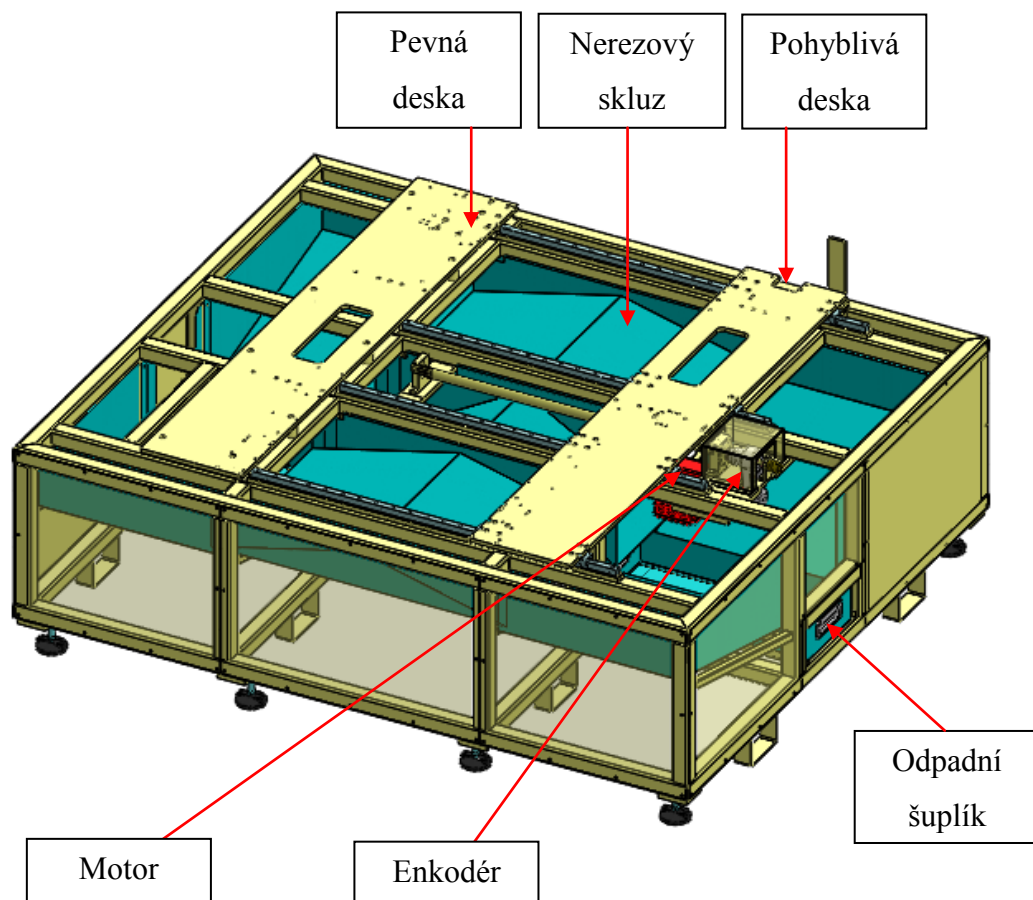


Obrázek 8. Půdorys stroje JB008



### 2.2.1 Rám – podskupina 010

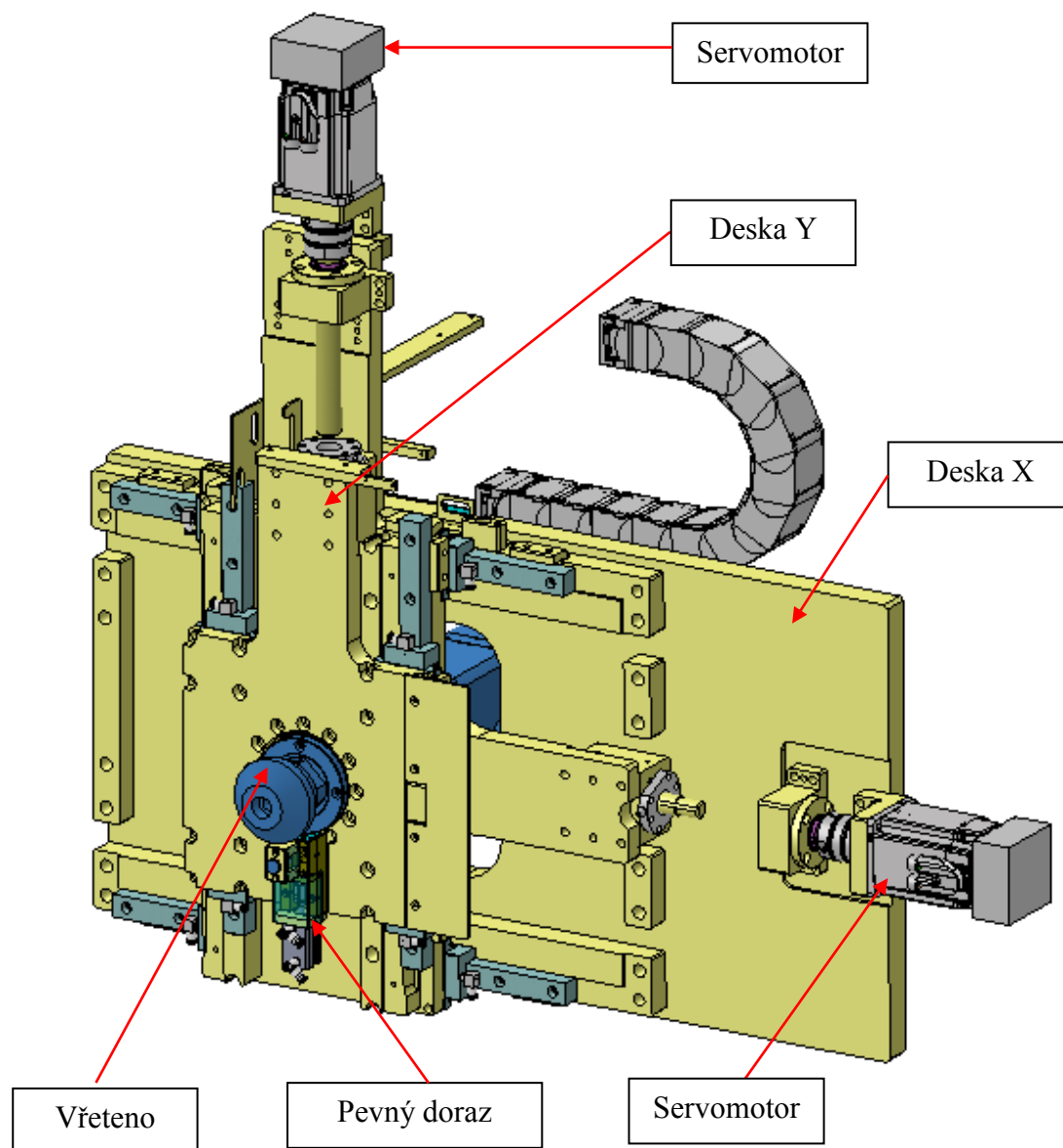
Rám je svařený z ocelových profilů a je ustaven na nastavitelných nohách s gumovým zakončením. Na rámu jsou umístěny dvě základní ocelové desky. Levá deska je na rám přišroubována napevno. Pravá deska je pohyblivá a pohybuje se po lineárním vedení pomocí kuličkového šroubu a motoru. Pohybem pravé desky se nastavuje rozteč desek dle délky obráběných tyčí. K přesnému nastavení rozteče mezi deskami slouží enkodér. Krajiní polohy pravé desky jsou snímány indukčními čidly. Ve spodní části rámu je umístěn nerezový skluz, který je určen k zachycení a usměrnění odpadu vznikajícího při frézování tyčí. Skluz odvádí odpad vzniklý při broušení do dvou odpadních šuplíků. Přítomnost nerezových odpadních šuplíků je snímána indukčními čidly. Pro snadnější zvedání a manipulaci se strojem jsou ve spodní části rámu stroje úchyty pro zasunutí ližin vysokozdvížných vozíků. Prvky pneumatického systému jsou na samostatné ocelové desce ve spodní části rámu stroje.



Obrázek 9. Rám stroje JB008

### 2.2.2 Křížový stůl – podskupina 020

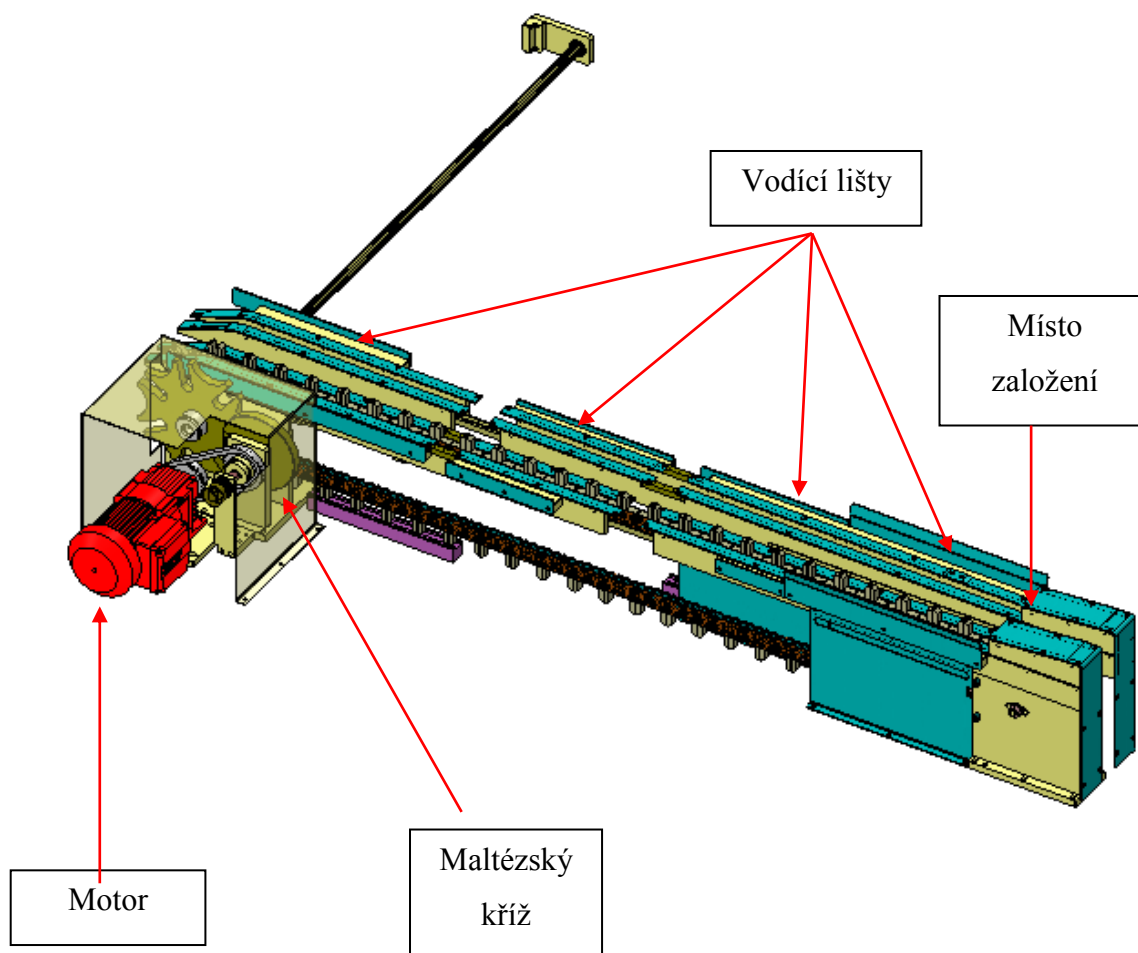
Tato podskupina slouží k upevnění Vřetena - podskupina 050 a k zajištění jeho pohybu. Na každé základní ocelové desce podskupiny 010 - Rám je umístěn křížový stůl. Stůl se skládá ze dvou ocelových desek: z desky X a z desky Y. Deska X se pohybuje vodorovně po lineárním vedení pomocí servomotoru a kuličkového šroubu. Deska Y se pohybuje svisle po lineárním vedení pomocí servomotoru a kuličkového šroubu. Servomotory pro osu X a pro osu Y jsou vybaveny CNC řízením. Pod vřetenem je kalený pevný doraz, na který se přitlačí tyče před frézováním. Doraz se pohybuje pomocí pneumatického válce.



Obrázek 10. Křížový stůl stroje JB008

### 2.2.3 Dopravník – podskupina 030

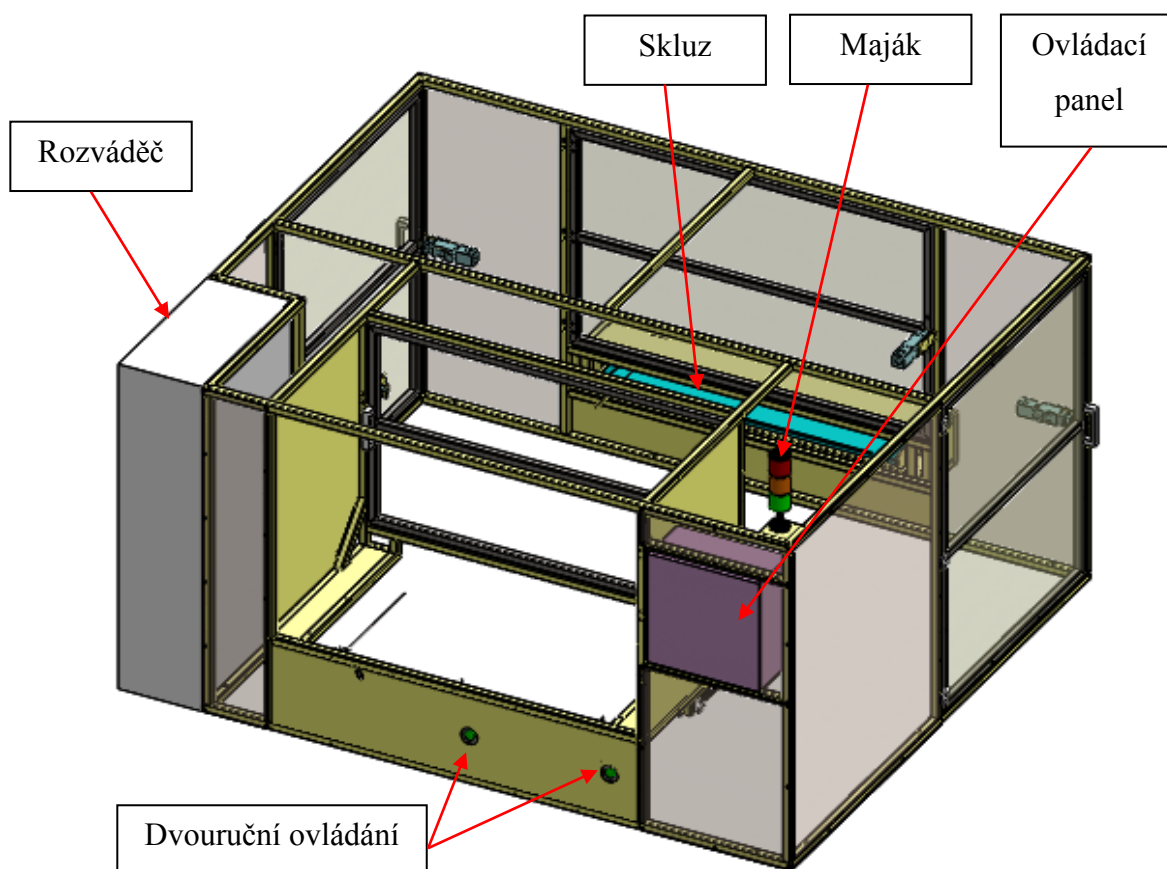
Tato podskupina slouží k přesunu obráběných tyčí z místa založení do pracovní pozice stroje a pak na výstup stroje. Na každé základní ocelové desce podskupiny 010 - Rám je umístěn řetěz dopravníku. Řetěz dopravníku je v horní části krytován ocelovými lištami, na kterých jsou nerezové vodící lišty pro obráběné tyče. Krokování dopravníku zajišťuje motor přes maltézský kříž. Celá krokovací jednotka je za plechovým krytem. Levá část dopravníku je na pevné základní ocelové desce. Pravá část dopravníku se pohybuje s pravou základní ocelovou deskou podle délky obráběné tyče.



Obrázek 11. Dopravník stroje JB008

#### 2.2.4 Kryty – podskupina 040

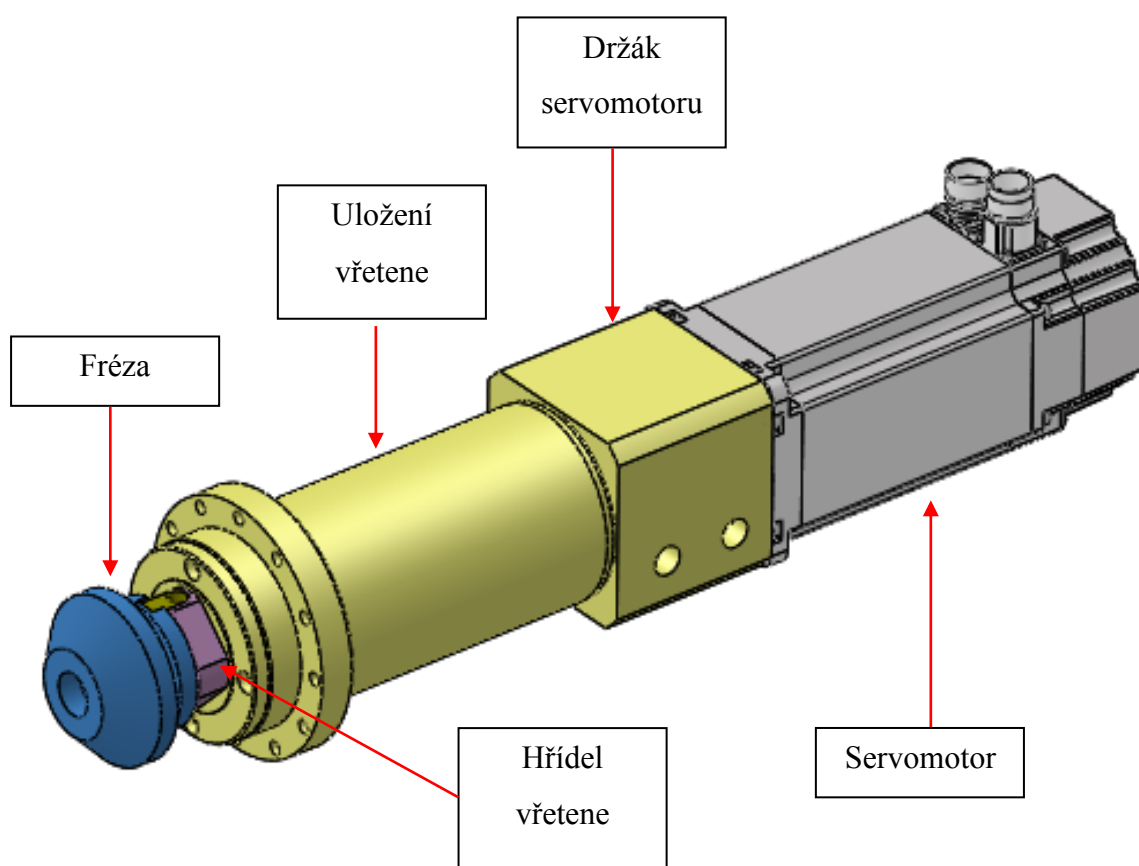
Na rámu stroje jsou připevněny kryty svařené z ocelových profilů a z plastů z polykarbonátu Makrolon. Kryty rozdělují stroj na dvě části. Přední část je vyhrazena pro manipulaci obsluhy s tyčemi, zadní část je pracovní prostor stroje. Obě části oddělují dveře s bezpečnostním zámekem a bezpečnostní světelný závěs. V přední části krytů stroje je bezpečnostní světelný závěs, maják, ovládací panel s tlačítkem EMERGENCY STOP a dvouruční ovládání pro změnu rozteče obráběcích jednotek. V levé části je umístěn rozváděč. Po bocích stroje a v zadní části stroje jsou dveře s bezpečnostními zámky. V zadní části krytů stroje je nerezový skluz pro obrobené tyče. Skluz je opatřen krytem s optickým čidlem a s bezpečnostním snímačem. Optické čidlo zaznamenává přítomnost tyče na dopravníku a bezpečnostní snímač zastaví pohyb dopravníku. Tyče po obrobení nejsou zachytávány do zásobníku tyčí. Je nutno zajistit zachycení obrobených tyčí, jinak může dojít k poškození tyčí nebo k úrazu obsluhy!



Obrázek 12. Kryty stroje JB008

### 2.2.5 Vřeteno – podskupina 050

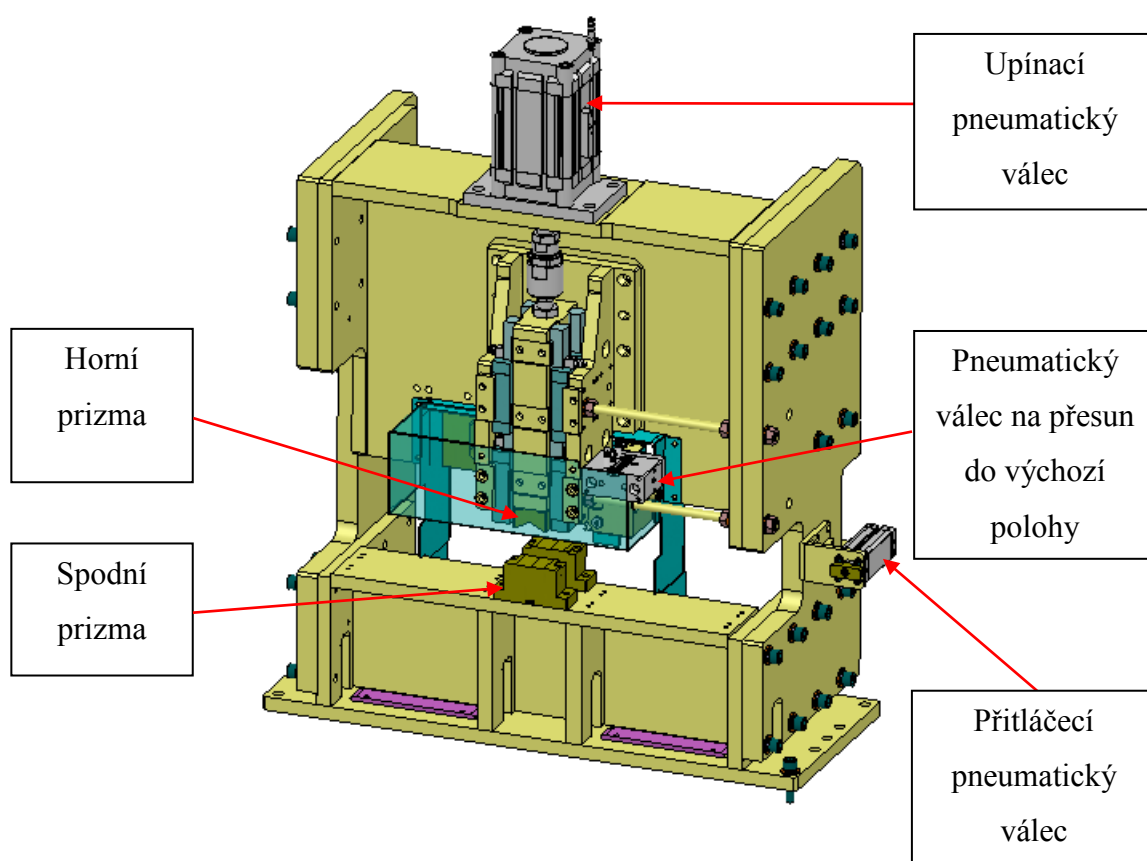
Tato podskupina slouží k frézování konců závitových a hladkých tyčí. Vřeteno je upevněno na ocelové desce podskupiny 020 - Křížový stůl. Vřeteno se skládá z vyměnitelné frézy, hřídele vřetene, uložení vřetene, držáku servomotoru a ze samotného servomotoru. Servomotor zajišťuje pohon frézy. Fréza se vyměňuje dle požadovaného úhlu sražení hrany tyčí.



Obrázek 13. Vřeteno stroje JB008

### 2.2.6 Upnutí – podskupina 060

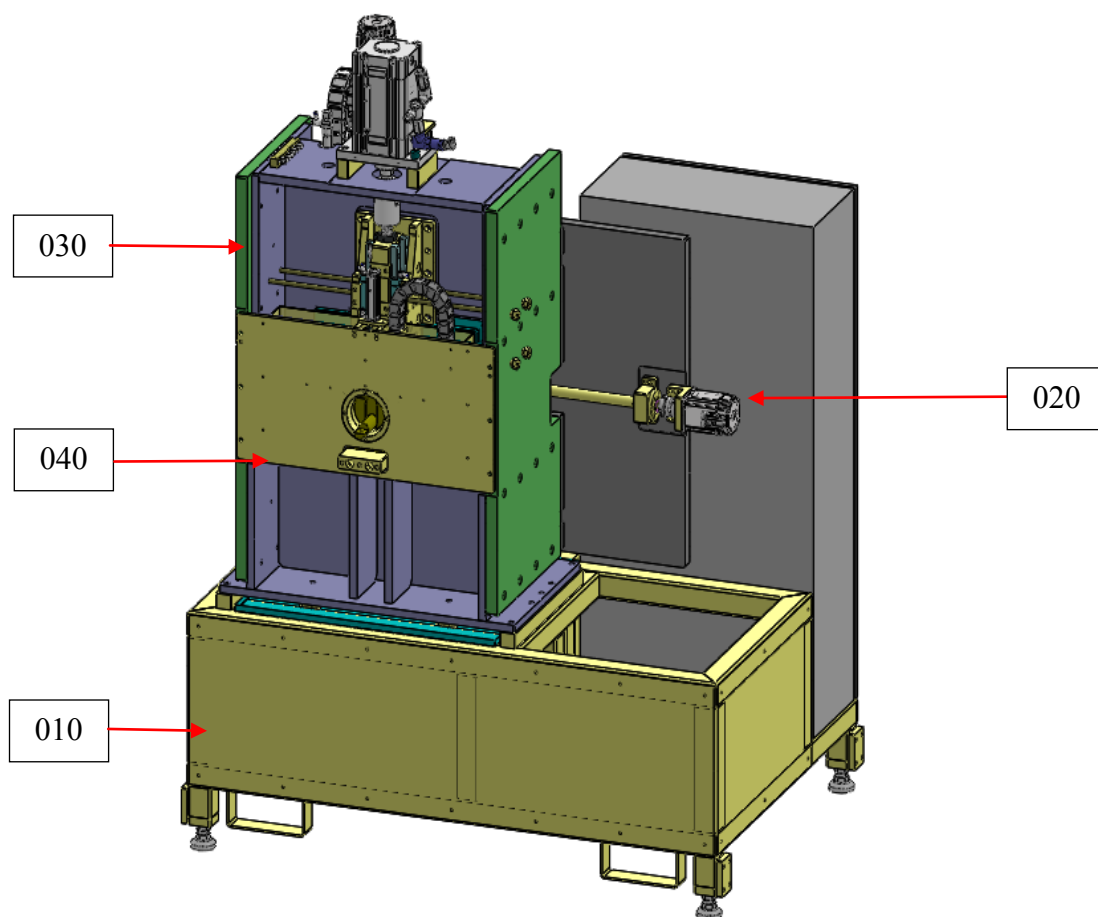
Tato podskupina slouží k upnutí obráběných tyčí. Na každé základní ocelové desce podskupiny 010 - Rám je umístěna svařená ocelová konstrukce. Na podstavci konstrukce je přišroubováno spodní prizma. Nad ním je prizma horní, které se pohybuje po lineárním vedení pomocí pneumatického válce a slouží k upnutí tyčí při obrábění. Na pneumatickém válci je odměřovací senzor, který kontroluje průměr tyčí. Tyče jsou před frézováním přitlačeny na kalený doraz pod vřetenem podskupiny 020 - Křížový stůl. K přitlačení se používá pneumatický válec, který je na boční straně protější ocelové konstrukce. Na pneumatickém válci je odměřovací senzor, který kontroluje délku tyčí. Po obrobení jsou tyče pomocí pneumatického válce přesunuty zpět do výchozí polohy. Pneumatický válec je vedle horního prizmatu. Horní prizma i fréza jsou za nerezovým krytem.



Obrázek 14. Upnutí stroje JB008

### 2.3 Konstrukce stroje JB010

Rám stroje je svařený z ocelových profilů a je ustaven na nastavitelných nohách. V zadní části stroje je umístěn rozváděč. Prvky pneumatického systému jsou na samostatné ocelové desce v zadní části stroje vedle rozváděče.

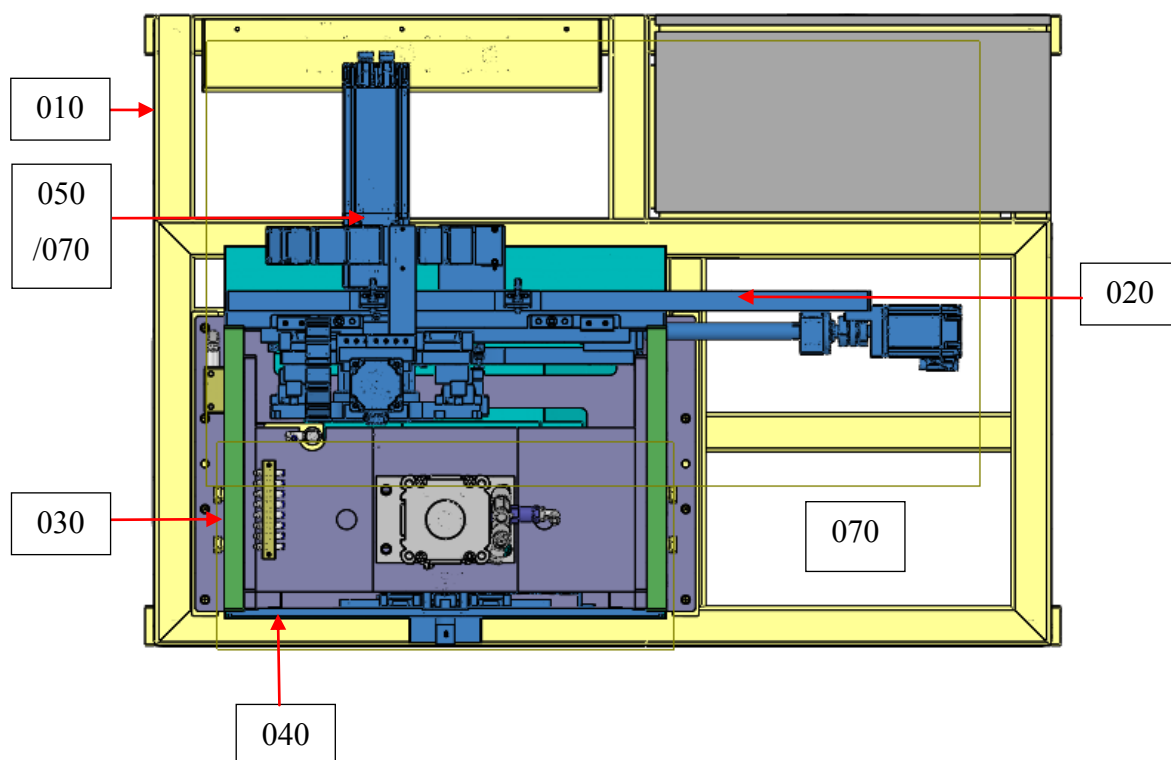


Obrázek 15. Izometrický pohled stroje JB010

Ve stroji jsou tyto podskupiny:

- |                   |       |
|-------------------|-------|
| - rám             | - 010 |
| - křížový stůl    | - 020 |
| - upínání         | - 030 |
| - vstup           | - 040 |
| - vřeteno         | - 050 |
| - kryty           | - 060 |
| - pohyblivý doraz | - 070 |





Obrázek 16. Půdorys stroje JB010

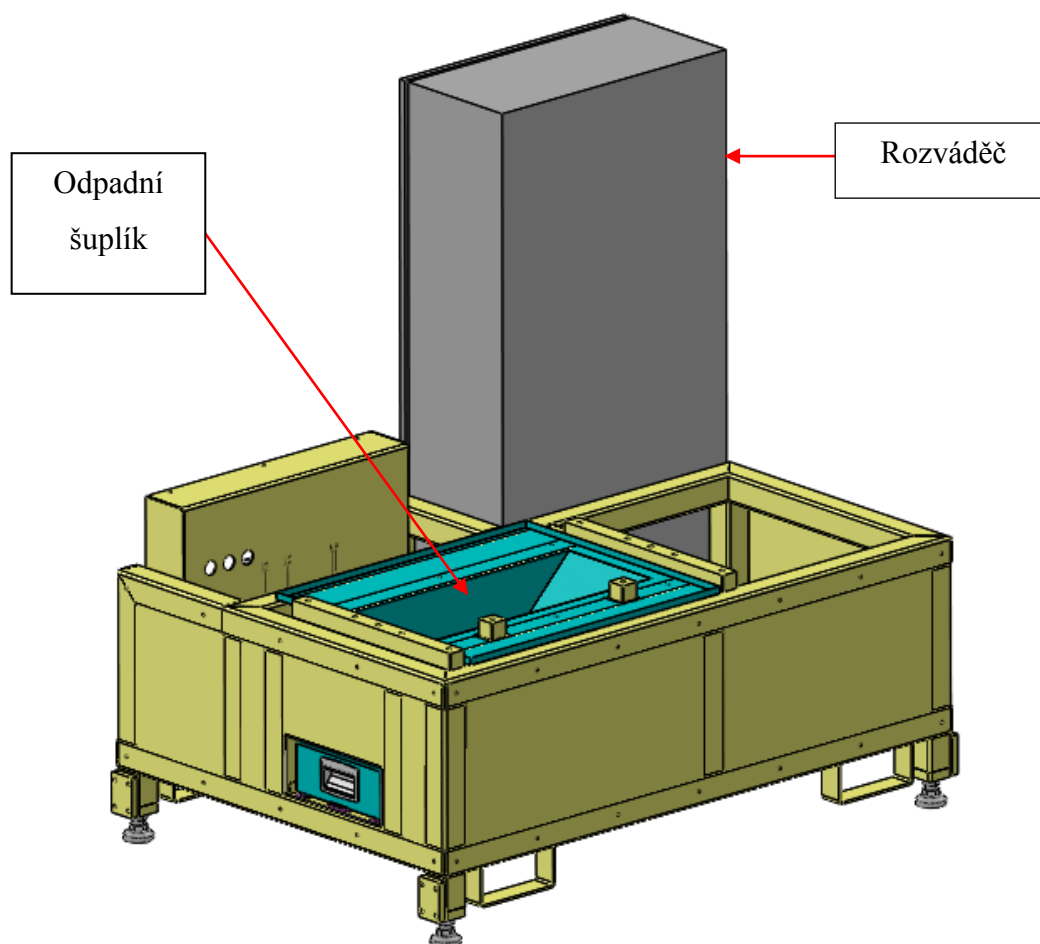
Spodní kryt stroje je z plechu a horní kryt stroje je z průhledných plastů z polykarbonátu Makrolon. Po stranách stroje jsou servisní dveře s bezpečnostními zámky.

Obsluha vkládá tyč do vstupního otvoru. Po vložení je přítomnost tyče detekována mikrospínačem na pohyblivém dorazu a tyč je v otvoru uzavřena krytem. Součástí krytu je bezpečnostní indukční snímač, který vyhodnotí přítomnost kovového předmětu. Pomocí odměřovacího snímače - na pneumatickém válci krytu - se změří průměr tyče. V případě shody naměřeného průměru s hodnotou nastavenou na ovládacím panelu dojde k předepnutí tyče. Tyč se předepne malou silou upínacího pneumatického válce s odměřovacím snímačem. Opět je odměřovacím snímačem - tentokrát na upínacím pneumatickém válci - změřen průměr tyče. Je-li průměr tyče shodný s předchozími hodnotami, tyč se upne velkou silou upínacího pneumatického válce. Následně jsou hrany tyče frézováním sraženy. Pro pohyb frézovacího vřetene je použit dvouosý křížový stůl řízený servomotory. Po dokončení operace frézování operátor vyjme tyč ze stroje. Vyjmutí tyče je kontrolováno bezpečnostním světelným závěsem. Po vyjmutí dojde k ofouknutí upínacích ploch a je možné založit další tyč.



### 2.3.1 Rám – podskupina 010

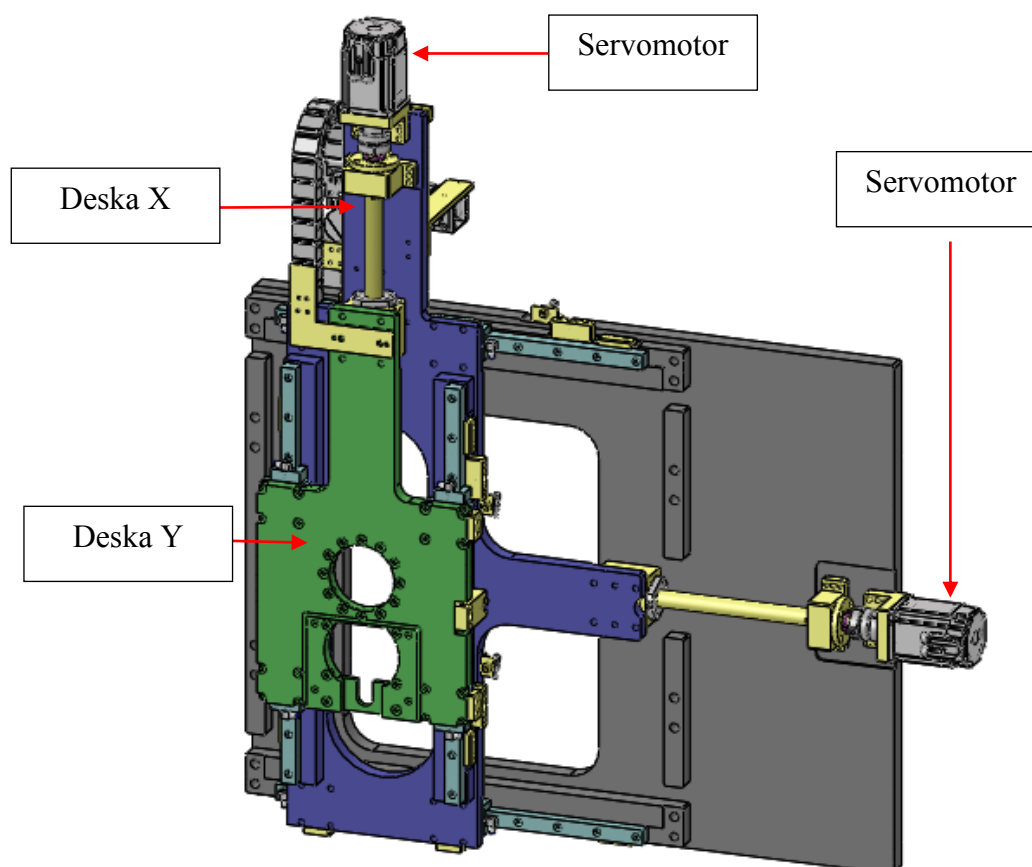
Rám stroje je svařený z ocelových profilů a je ustaven na nastavitelných nohách. V zadní části rámu je rozváděč. Prvky pneumatického systému jsou na samostatné ocelové desce vedle rozváděče. Ve spodní části rámu je umístěn nerezový skluz, který je určen k zachycení a usměrnění odpadu vznikajícího při frézování tyčí. Skluz odvádí nečistoty vzniklé při frézování do odpadního šuplíku. Přítomnost nerezového odpadního šuplíku je kontrolována indukčním snímačem. Pro snadnější zvedání a manipulaci se strojem jsou ve spodní části rámu stroje úchyty pro zasunutí ližin vysokozdvizných vozíků.



Obrázek 17. Rám stroje JB010

### 2.3.2 Křížový stůl – podskupina 020

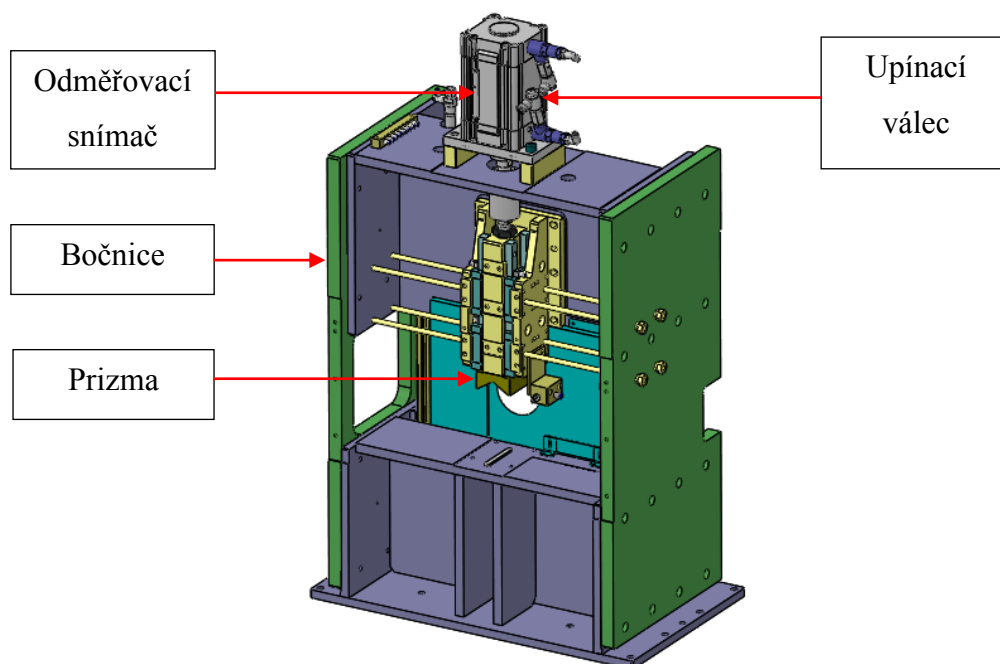
Tato podskupina slouží k uchycení Vřetena - podskupina 050 a Pohyblivého dorazu - podskupina 070 a k zajištění jejich pohybu. V zadní části podskupiny 030 - Upnutí je přišroubován křížový stůl. Stůl se skládá ze dvou pohyblivých ocelových desek: z desky X a z desky Y. Deska X se pohybuje vodorovně po lineárním vedení pomocí servomotoru a kuličkového šroubu. Deska Y se pohybuje svisle po lineárním vedení pomocí servomotoru a kuličkového šroubu. Servomotory pro osu X a pro osu Y jsou vybaveny CNC řízením. Limitní polohy obou desek jsou kontrolovány indukčními snímači.



Obrázek 18. Křížový stůl stroje JB010

### 2.3.3 Upínání – podskupina 030

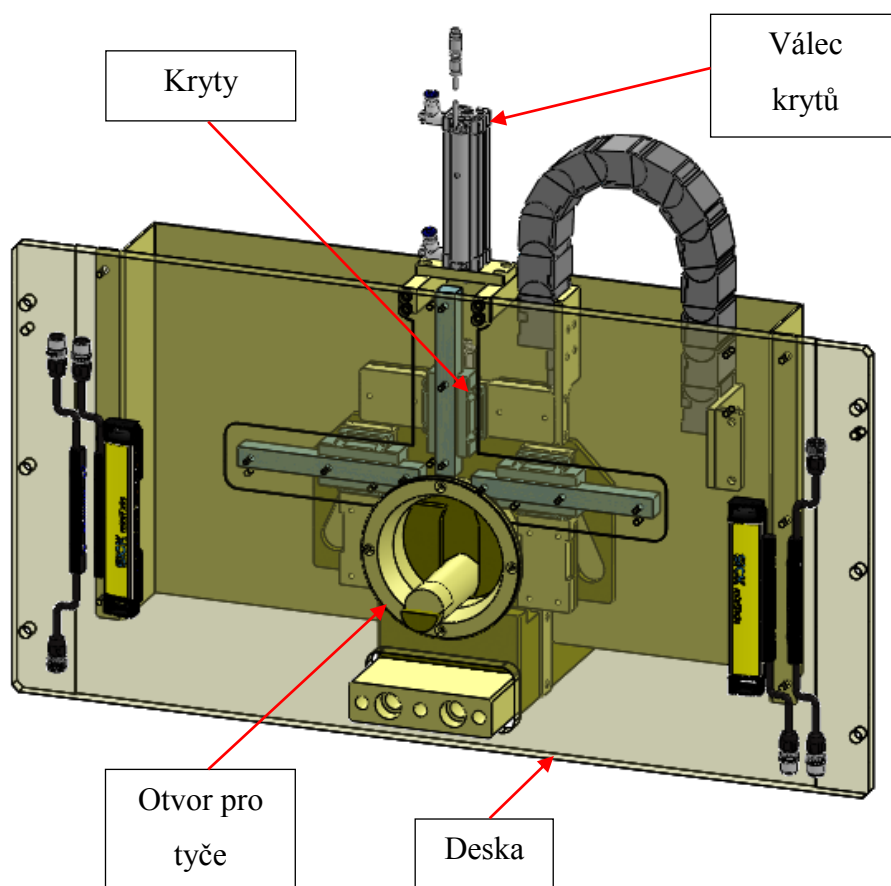
Tato podskupina slouží k upnutí obráběných tyčí a k odměření jejich průměru. Na rámu stroje je umístěna svařená ocelová konstrukce. Na horní desce konstrukce je upínací pneumatický válec, který ovládá pohyb horního prizmatu. Prizma se pohybuje po čtyřech lineárních vedeních a slouží k upnutí tyčí při jejich obrábění. Na upínacím pneumatickém válci je odměřovací magnetický snímač, pomocí kterého se změří průměr obráběné tyče. Měření probíhá při malé síle upínacího válce. V případě shody naměřeného průměru s hodnotou nastavenou na ovládacím panelu a s hodnotou naměřenou na snímači válce z podskupiny 040 - Vstup dojde k upnutí tyče. Po obrobení je tyč uvolněna ze sevření horního prizmatu a obsluha ji může vyjmout ze stroje. Vyjmutí tyče je kontrolováno bezpečnostním světelným závěsem. Po vyjmutí dojde k ofouknutí desky pod prizmatem a bude možné založit další tyč. Na levé bočnici je zavěšena ofukovací pistole, která slouží k vyčištění stroje od nečistot po frézování. Tlak v ofukovací pistoli se nastavuje redukčním ventilem s klíčkem. V zadní části podskupiny Upínání je kalená vidlička, která slouží k aretaci vřetena při výměně frézy. V automatickém režimu je vidlička schovaná za nerezovým krytem. Kryt je ve výchozí pozici nahoře. Při požadavku na výměnu frézy sjede kryt pomocí pneumatického válce dolů a otvorem v bočnici je možné se dostat k fríze a vyměnit ji.



Obrázek 19. Upínání stroje JB010

### 2.3.4 Vstup – podskupina 040

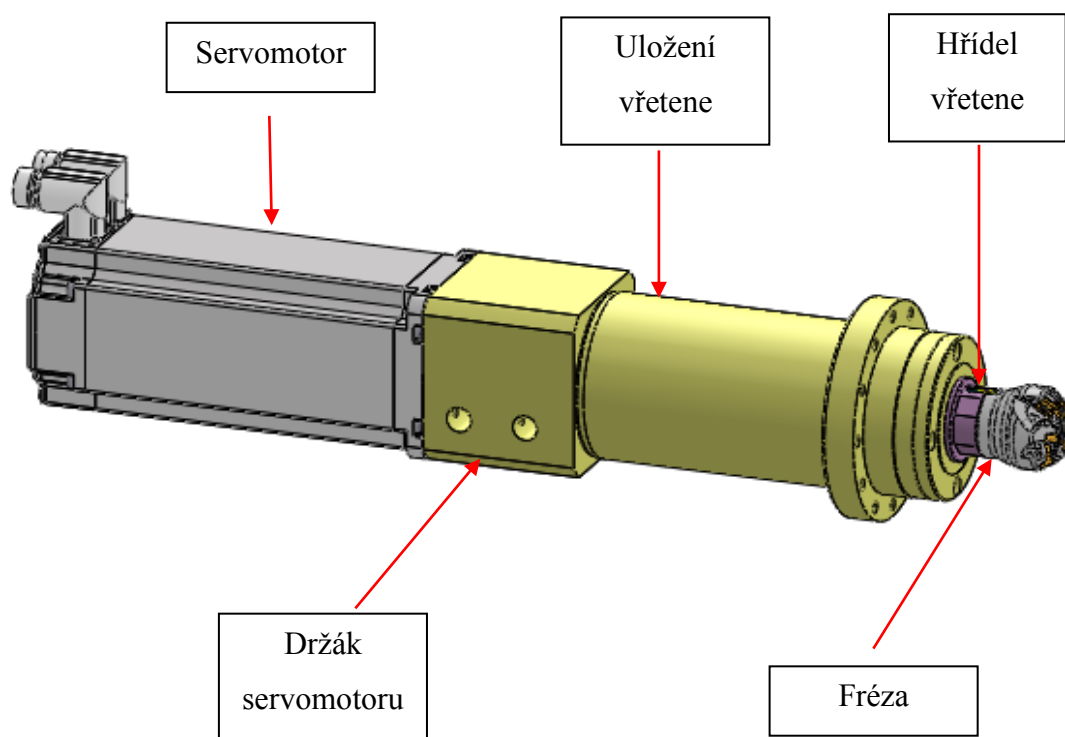
Tato podskupina slouží k založení obráběných tyčí, k jejich zakrytování a k odměření jejich průměru. V přední části podskupiny 030 - Upnutí je přišroubována ocelová deska, ve které je otvor pro zakládání tyčí. V zadní části desky jsou kryty, které se pohybují pomocí pneumatického válce po lineárních vedeních. Součástí krytů je bezpečnostní indukční snímač, jenž vyhodnotí přítomnost kovového předmětu. Pomocí odměřovacího snímače na pneumatickém válci krytů se změří průměr tyče. Naměřená hodnota se porovnává s hodnotou nastavenou na ovládacím panelu a také s hodnotou naměřenou na snímači upínacího válce podskupiny 030 - Upínání. V přední části této podskupiny je bezpečnostní světelný závěs.



Obrázek 20. Vstup stroje JB010

### 2.3.5 Vřeteno – podskupina 050

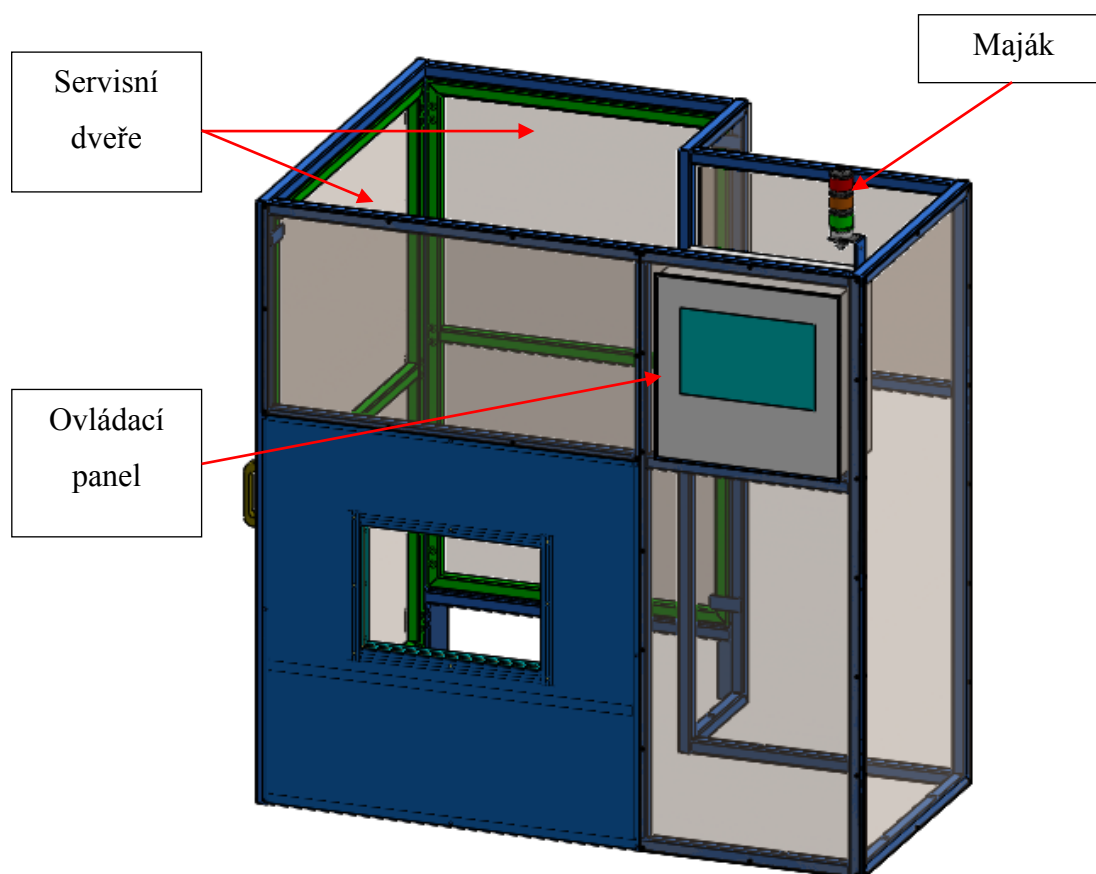
Tato podskupina slouží k frézování konců závitových a hladkých tyčí. Vřeteno je upevněno na ocelové desce podskupiny 020 - Křížový stůl. Vřeteno se skládá z vyměnitelné frézy, hřídele vřetene, uložení vřetene, držáku servomotoru a ze samotného servomotoru. Servomotor zajišťuje pohon frézy. Fréza se vyměňuje dle požadovaného úhlu sražení hrany tyčí. Jsou tři frézy pro úhly: 15°, 30° a 45°. Při výměně frézy sjede nerezový kryt podskupiny 030 - Upínání dolů a fréza najede do pozice aretace. Teprve pak je možné otevřít dveře krytu stroje a vyměnit samotnou frézu.



Obrázek 21. Vřeteno stroje JB010

### 2.3.6 Kryty – podskupina 060

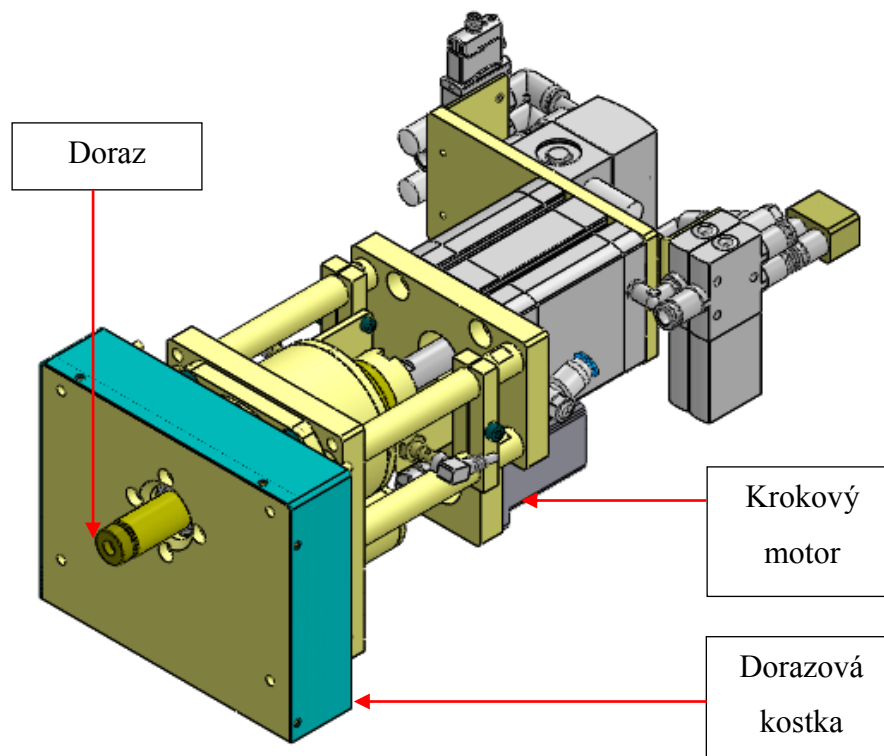
Na rámu stroje jsou připevněny kryty svařené z ocelových profilů, na kterých jsou průhledné plasty z polykarbonátu Makrolon. V části, kde obsluha zakládá tyče do stroje, je kryt z plechu. V přední části krytů stroje je ovládací panel s tlačítkem EMERGENCY STOP a maják. V automatickém režimu světelný závěs kontroluje vyjmutí tyče po obrobení. V manuálním režimu se kontroluje, že při přestavení (výměně) frézy není v otvoru tyč, aby nedošlo k poškození stroje. Při výměně frézy se musí podskupina 020 - Křížový stůl posunout, aby fréza najela pod vidličku podskupiny 030 - Upínání. V zadní části krytů je umístěn rozváděč. Na boku krytů stroje a v zadní části krytů stroje jsou dveře s bezpečnostními zámky.



Obrázek 22. Kryty stroje JB010

### 2.3.7 Pohyblivý doraz – podskupina 070

Tato podskupina slouží k nastavení výchozí polohy obráběných tyčí. Tyče se při založení do stroje přitlačují na kalený doraz, který se posune dozadu a sepne mikrospínač. Tím je detekována přítomnost tyče ve stroji. Po sepnutí mikrospínače se uzavře kryt s bezpečnostním indukčním snímačem, změří se průměr tyče pomocí odměřovacího snímače na pneumatickém válci krytu. V případě shody naměřeného průměru s hodnotou nastavenou na ovládacím panelu dojde k předeptnutí tyče malou silou upínacího pneumatického válce s odměřovacím snímačem. Opět je změřen průměr tyče - tentokrát odměřovacím snímačem na upínacím pneumatickém válci. Je-li průměr tyče shodný s předchozími hodnotami, tyč se upne velkou silou upínacího pneumatického válce. Následně jsou hrany tyče sraženy frézou z podskupiny 050 - Vřeteno. Kvůli rovnoměrnějšímu opotřebení nožů frézy se krokovým motorem posunuje poloha dorazu a tím se mění místo opotřebení břitů frézy. Posun dorazu se provádí automaticky po určitém počtu obrobků.



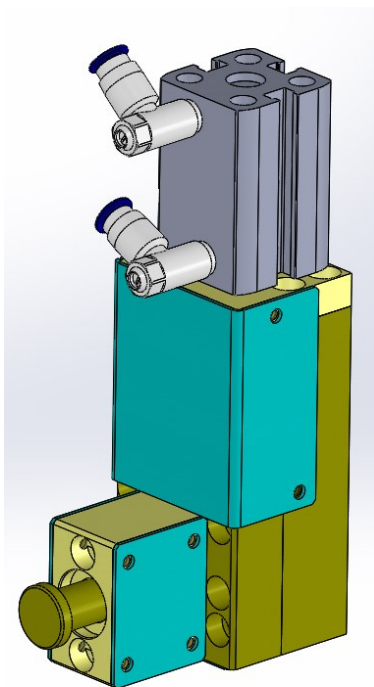
Obrázek 23. Pohyblivý doraz stroje JB010

### 3 Návrh vlastního řešení

Cílem nové technologie frézování bylo navrhnout vhodný pohyblivý doraz, který by byl automaticky přestavitelný a nahradil tak původní pevný doraz. Pohyblivý doraz musel mít zabudován mikropsínač, který by byl sepnut v případě správného založení tyče. Konstrukční návrh byl zhotoven tak, aby bylo možné navržený doraz případně zabudovat i již v té době do vyrobeného stroje JB008, ale především měl být přínosem pro vyvíjený stroj JB010, na kterém by tak bylo možné efektivněji využívat ostří břitové destičky, čímž se sníží náklady na výrobu tyčí.

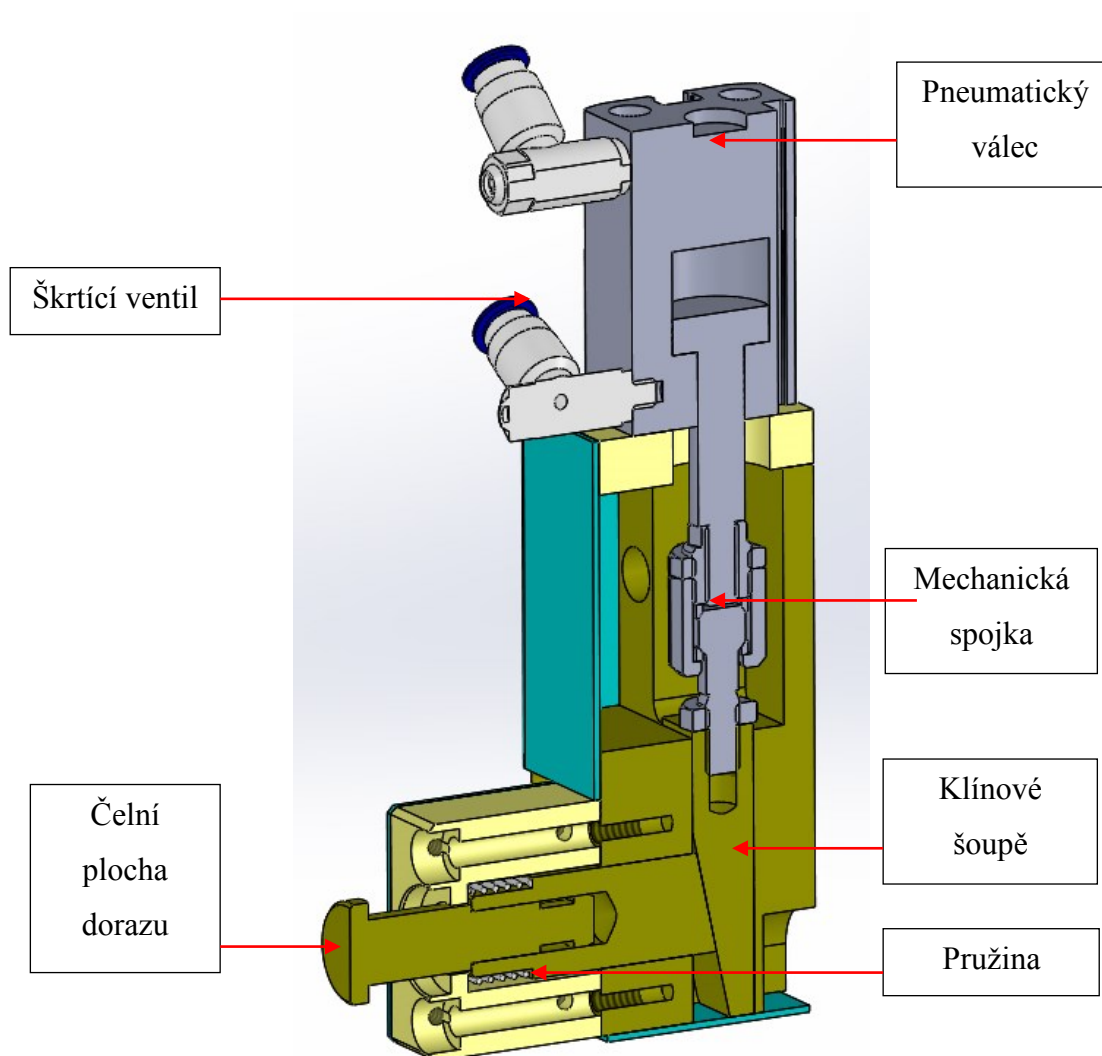
#### 3.1 Původní metoda technologie frézování

Původní princip obrábění spočíval v tom, že pomocí pneumatického válce a šoupěte měl doraz pevně danou pozici čelní plochy, takže všechny tyče tak byly doraženy a následně upnuty do prizmatu ve stejné pozici. Pomocí pružiny byl pak dorazový píst vrácen do výchozí polohy.



Obrázek 24. Pevný doraz na tyče stroje JB008

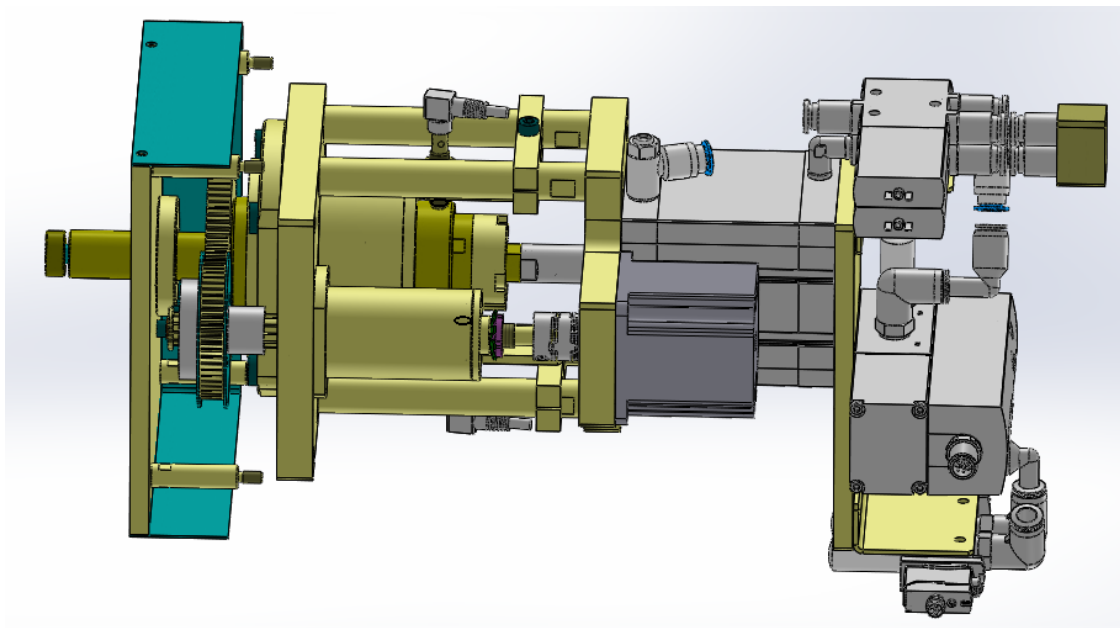




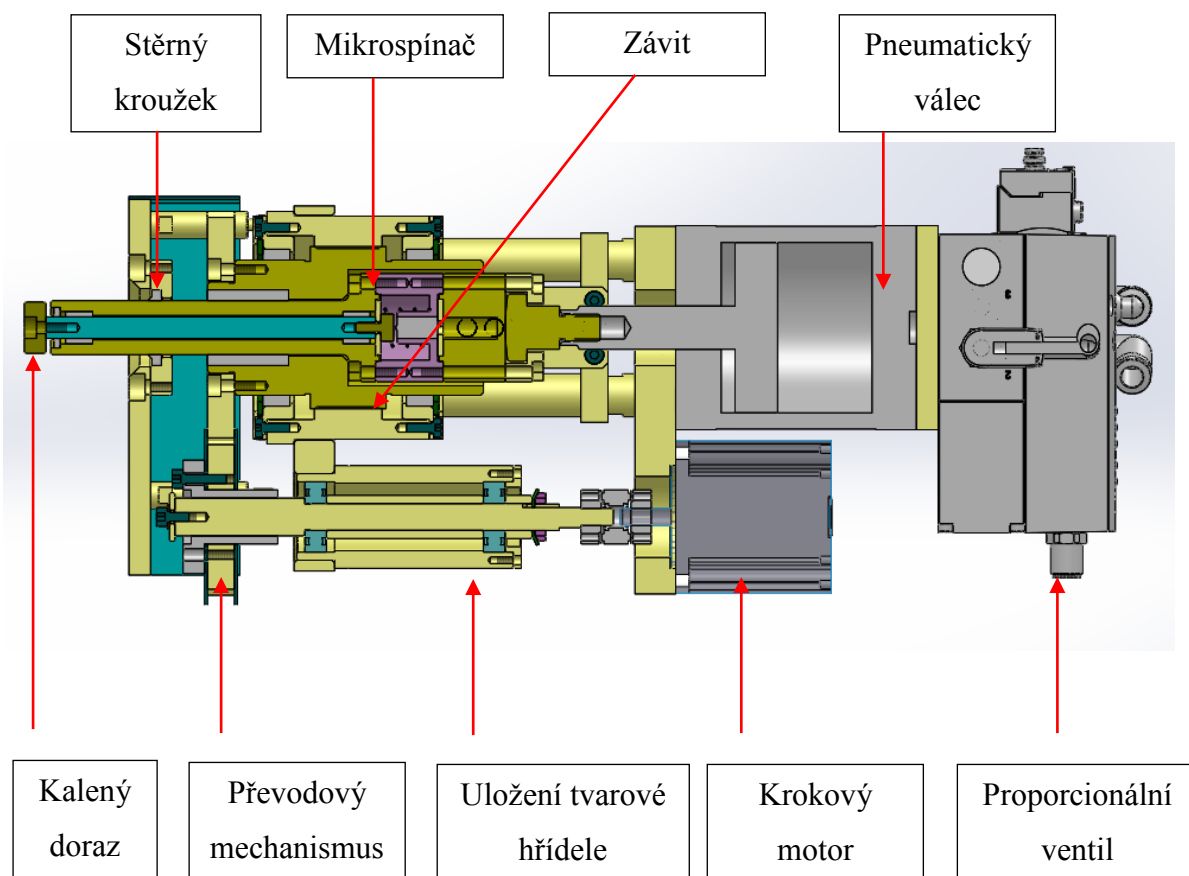
Obrázek 25. Řez pevného dorazu stroje JB008

### 3.2 Nová metoda technologie frézování

Součástí nové technologie bylo navrhnout pohyblivý doraz, který bude automaticky pomocí krokového pohonu přestavitelný. Zároveň bylo nutné zabudovat spínač, který detekuje správně založení tyčí. Vzhledem k tomu, že doraz byl vyvíjený především pro ruční zařízení, bylo nutné počítat s tím, že při zakládání tyčí bude operátor klást na čelní plochu dorazu rázy, které musí doraz pohltnout. K tomuto účelu byl využit pneumatický válec, který sloužil jako pneumatická pružina a zároveň po doražení tyče a následném upnutí zasouvá píst, tak aby bylo možné obrábět.



Obrázek 26. Pohyblivý doraz stroje JB010



Obrázek 27. Řez pohyblivým dorazem stroje JB010

### 3.3 Výpočet drážkového spoje na otláčení

Návrh drážkového spojení hřídele s nábojem je nutné zkontrolovat na otláčení, kdy tlak na bocích drážek nesmí přesáhnout povolenou hodnotu. [13]

#### Zvolené polotovary:

Drážkový náboj s přírubou podle DIN ISO 14 (viz příloha C) [11]

Materiál: Rg7

Typ: KN11R

Hřídel tažená za studena podle DIN ISO 14-B [ DIN 54 63 ] (viz příloha D) [11]

Materiál: C45

Typ: KW11-1000

Tabulka 1 – Dovolený tlak na bocích drážek

DOVOLENÝ TLAK NA BOCÍCH DRÁŽEK $P_D$ (MPa)					
MATERIÁL	ZATÍŽENÍ				
	JEDNOSMĚRNÉ			STŘÍDAVÉ	
	KLIDNÉ	MALE RÁZY	VELKÉ RÁZY	MALE RÁZY	VELKÉ RÁZY
OCEL KALENÁ	160	140	120	90	50
OCEL NA ODLITKY	120	105	90	67	37
ŠEDÁ LITINA	72	63	54	40	22,5
TEMPEROVANÁ LITINA	88	77	66	49,5	27,5
BRONZ, MOSAZ	40	35	30	22,5	12,5
VYTVRZENÁ SLITINA AlCuMg	80	70	60	45	25
VYTVRZENÁ SLITINA AlMg, AlMn	72	63	54	40	22,5
VYTVRZENÁ SLITINA AlSiMg	56	49	42	31,5	17,35

**Výpočet tlaku na bocích drážek**

$$F = \frac{2.M_K}{D_s} = \frac{2.1800}{12,5} = 288N \quad (1)$$

$$D_s = \frac{d_2 + d_1}{2} = \frac{14 + 11}{2} = 12,5mm \quad (2)$$

$$l = L - h = 35 - 3 = 32mm \quad (3)$$

$$h = \frac{d_2 - d_1}{2} = \frac{14 - 11}{2} = 1,5mm \quad (4)$$

$$p = \frac{F}{S} = \frac{2.M_K}{D_s.l.h.K.i} = \frac{2.1800}{12,5.32.1,5.0,75.6} = 1,33MP_a \leq P_D \quad (5)$$

Dovolený tlak na bocích drážek volím  $P_D = 22,5MPa$  (viz. tabulka č. 1)

kde:

l - osová délka dotyku mezi boky drážek hřídele a náboje za provozu [mm]

h - skutečná opěrná výška drážky [mm]

$D_s$  - střední průměr drážkového profilu [mm]

K - korekční součinitel

(vzhledem k výrobním nepřesnostem uvažujeme, že obvodovou sílu přenáší pouze část boků drážek)

$K=0,75$  pro rovnoboké frážkování

$K=0,5$  pro evolventní a jemné drážkování

i - počet drážek

F - síla, kterou přenáší boky drážek [N]

$M_K$  - přenášený kroutící moment [Nmm]

P - tlak na bocích drážek [MPa]

### 3.4 Výpočet šroubu na otlak závitu

**Závít: M 60 x 1,5 ČSN 01 4021**

Mez kluzu:  $R_e = 440 \text{ MPa}$

Dovolené napětí:  $\sigma_d = 132 \text{ MPa}$  (viz tabulka 2)

Síla:  $F = 1683 \text{ N}$  (viz tabulka 5)

průměr  $d$  (mm): 60

průměr  $d_2$  (mm) (střední): 59,026

průměr  $d_3$  (mm): 58,376

Tabulka 2 – Dovolené napětí pro výpočet šroubů [14]

Způsob zatížení a namáhání	Dovolené napětí $\sigma_d$	Poznámka
Zatížení silou v ose šroubu		
1. Spoj bez předpětí utahovaný v nezatíženém stavu	$\sigma_D \approx 0,8 Re$	Míjivé zatížení $\sigma_D \approx 0,6 Re$ Střídavé zatížení $\sigma_D \approx 0,8 Re$
2. Spoj bez předpětí utahovaný v zatíženém stavu	$\sigma_D \approx 0,6 Re$	Míjivé zatížení $\sigma_D \approx 0,45 Re$ Střídavé zatížení $\sigma_D \approx 0,35 Re$
3. Spoj s předpětím zatížený klidně	$\sigma_D \approx (0,3 \text{ až } 0,1 Re)$	Větší hodnoty pro nižší mech. vlastnosti a malé průměry
4. Spoj s předpětím zatížený míjivě	$\sigma_D \approx (0,3 \text{ až } 0,1 Re)$	Větší hodnoty pro nižší mech. vlastnosti a malé průměry
Zatížení kolmou k ose šroubu:		
5. Silový spoj	$\sigma_D \approx (0,33 \text{ až } 0,2 Re)$	Větší hodnoty pro nižší mech. vlastnosti a malé průměry
6. Tvarový spoj (lícované šrouby)	$\tau_D \approx 0,4 Re$	Míjivé rázy $\tau_D \approx 0,3 Re$

Tabulka 3 – Dovolené tlaky v závitech spojovacích šroubů [14]

Materiál vnitřního závitu	Třídy pevností materiálů šroubů								
	3.6	4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8	10.9	12.9
	$P_D$ (MPa)								
Ocel	40	50	75	70	90	110	150	200	250
Litina	25	30	45	40	55	70	90	125	150
Hliníkové slitiny	18	20	30	27	35	45	60	80	90

Tabulka 4 – Značky a mechanické vlastnosti pro materiál ocelových šroubů a matic [14]

Třída pevnosti šroubu podle ISO898	3.6	4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8	9.8	10.9	12.9
Třída pevnosti dřívější podle (ČSN)	4A	4D	4S	5D	5G	6G	8E	-	10K	12K
Označení šroubu bez zatížení podle tvrdosti	11H	11H	11H	14H	14H	22H	22H	-	33H	45H
Mez pevnosti jmenovitá $R_m$ (MPa)	300	400	400	500	500	600	800	900	1000	1200
Mez kluzu jmenovitá $R_e$ popř. jmenovitá $R_p$ 0,2	180 -	240 -	320 -	300 -	400 -	480 -	- 640	- 720	- 900	- 1080
Třída pevnosti matice: a) s plnou zatížitelností b) s omezenou zatížitelností c) bez zatížení	4  04 11H	4  04 11H	4  04 11H	5  04 11H	5  05 14H	6  05 14H	8  - 17H	9  - -	10  - 22H	12  - -

Tabulka 5 - Vysouvací síly na pístní tyči pneumatického válce (N) [15]

Průměr pístu [mm]	Pracovní tlak [MPa]											
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2
8	4,5	9,0	13,6	18,1	22,6	27,1	31,7	36,2	40,7	45,2	49,8	54,3
10	7,1	14,1	21,2	28,3	35,3	42,4	49,5	56,5	63,6	70,7	77,8	84,8
12	10,2	20,4	30,5	40,7	50,9	61,1	71,2	81,4	91,6	102	112	122
16	18,1	36,2	54,3	72,4	90,5	109	127	145	163	181	199	217
20	28,3	56,5	84,8	113	141	170	198	226	254	283	311	339
25	44,2	88,4	133	177	221	265	309	353	398	442	486	530
32	72,4	145	217	290	362	434	507	579	651	724	796	869
40	113	226	339	452	565	679	792	905	1018	1131	1244	1357
50	177	353	530	707	884	1060	1237	1414	1590	1767	1944	2121
63	281	561	842	1122	1403	1683	1964	2244	2525	2805	3086	3367
80	452	905	1357	1810	2262	2714	3167	3619	4071	4524	4976	5429
100	707	1414	2121	2827	3534	4241	4948	5655	6362	7068	7775	8482
125	1104	2209	3313	4418	5522	6627	7731	8835	9940	11044	12149	13253
160	1810	3619	5429	7238	9048	10857	12667	14476	16286	18095	19905	21714
200	2827	5655	8482	11309	14137	16964	19791	22619	25446	28274	31101	33928
250	4418	8835	13253	17671	22089	26506	30924	35342	39760	44177	48595	53013
320	7238	14476	21714	28952	36190	43428	50666	57904	65142	72380	79618	86856

$$\sigma = \frac{F}{A_s} \leq \sigma_d \quad (6)$$

$$A_s = \frac{F}{\sigma_D} = \frac{1683}{132} = 12,75 \text{ mm}^2 \quad (7)$$

### Výpočet matice

$$H_1 = \frac{d - d_3}{2} = \frac{60 - 58,376}{2} = 0,812 \text{ mm} \quad (8)$$

$$z = \frac{F}{\pi \cdot d_2 \cdot H_1 \cdot p_d} = \frac{16836}{\pi \cdot 59,026 \cdot 0,812 \cdot 132} = 0,85 \quad (9)$$

$$h_m = z \cdot P = 1 \cdot 1,5 = 1,5 \text{ mm} \quad (10)$$

Navržený závit, který zachycuje sílu pneumatického válce vyhovuje.

kde:

z - počet závitů

H<sub>1</sub> - nosná výška závitu [mm]

h<sub>m</sub> - výška matice [mm]

P - stoupání závitu [mm]

σ - napětí v tahu [MPa]

A<sub>s</sub> - jmenovitý průřez šroubu [mm<sup>2</sup>]

F - síla působící na závit [N]

d - velký průměr vnějšího závitu šroubu [mm]

d<sub>2</sub> - střední průměr závitu šroubu [mm]

d<sub>3</sub> - malý průměr závitu šroubu [mm]

### 3.5 Výpočet převodového poměru ozubených kol

Vzhledem ke stoupání závitu M 60 x 1,5, tak bylo pro lepší softwarové řízení zachovat převodový poměr ozubených kol  $i = 1,5$ , kdy při otočení o jednu otáčku došlo k posunu čela dorazové plochy v závislosti na smyslu otáčení o 1mm.

#### Zvolené polotovary:

Ozubené kolo  $z_1$  typ: GEAHBB1.0-56-10-A-20 [16]

Počet zubu: 56

Ozubené kolo  $z_2$  typ: GEAHBB1.0-84-10-A-30 [16]

Počet zubů: 84

#### Výpočet převodového poměru ozubených kol

$$i = \frac{z_2}{z_1} = \frac{84}{56} = 1,5 \quad (11)$$

$$L = m \cdot \frac{z_2 + z_1}{2} = 1 \cdot \frac{84 + 56}{2} = 70mm \quad (12)$$

$$m_1 = \frac{d_a}{(z_1 + 2)} = \frac{58}{(56 + 2)} = 1 \quad (13)$$

$$m_2 = \frac{d_a}{(z_2 + 2)} = \frac{86}{(84 + 2)} = 1 \quad (14)$$

kde:

$i$  - převodový poměr

$z_1$  - počet zubů kola 1

$z_2$  - počet zubů kola 2

$L$  - vzdálenost os dvou ozubených kol [mm]

$m$  - výsledný modul ozubených kol ( kde  $m_1 = m_2$  )

$d_a$  - průměr hlavové kružnice [mm]



#### 4 Diskuze experimentů

Stroj JB010 bylo nutné po sestavení přesně seřídít, především vystředit osu frézy s osou upínacího prizmatu. K určení souososti byla použita kalibrační tyč a následně předlohová dřevěná tyč, která byla po upnutí do prizmatu obrobena. Odchylka osy kužele od osy tyče se změřila úchylkoměrem ve sklíčidle soustruhu a naměřená hodnota se podělila dvěma.

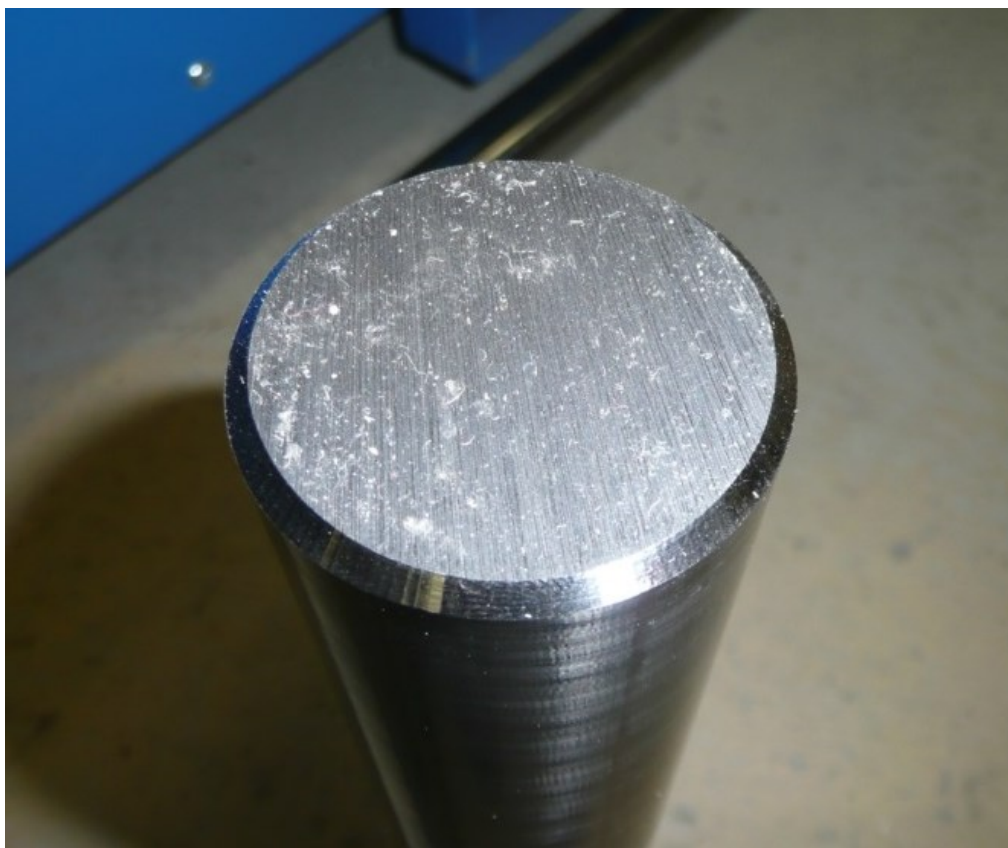


Obrázek 28. Znázornění odchylky předlohové tyče po obrobení

Zkušební vzorky byly obrobeny na požadované sražení zákazníkem, čímž stroj splnil specifikaci. Obráběcí parametry byly přizpůsobeny velikosti a materiálu tyče.

Tabulka 6 – Dodané vzorky k obrobení

druh tyč	průměr [mm]	materiál [-]	Počet tyčí [ks]
tyč se závitem	M33	8.8	10
tyč se závitem	Tr36	C15	8
tyč se závitem	M52	8.8	8
tyč se závitem	Tr60	C15	2
tyč se závitem	M36 a M39	10.9	80
hladká tyč	44,5	10.9	4
hladká tyč	67,8	8.8	4
hladká tyč	38,9	8.8	9
hladká tyč	52	10.9	6



Obrázek 29. Ofrézovaná hladká tyč



Obrázek 30. Ofrézovaná závitová tyč



Obrázek 31. Obrobené závitové tyče původní technologií broušení



Obrázek 32. Obrobené závitové tyče inovativní technologií frézování

Porovnáním obrobených tyčí technologií broušení (viz obrázek 31.) a inovativní technologií frézování (viz obrázek 32.) je patrné, že broušením vznikají otřepty a podstatně horší jakost povrchu.

## 5 Technicko-ekonomické zhodnocení

Předlohou stroje JB010 byl stoj JB008, který jehož metoda frézování spočívala v ustavení tyčí na pevný doraz. Metoda nového stroje JB010 spočívá v ustavení tyče na pohyblivý doraz, který umožňuje nastavení čelní plochy dorazu v ose Z, čímž je vytvořen předpoklad pro vícebodové opotřebení břitové destičky. Počet možných přestavení definovala délka břitu destičky a velikost sražení. Minimální počet je jedenkrát v závislosti na upnutém typu frézy. Jednou sadou destiček bylo na stroji JB008 možné vyrobit 1000 ks. Po dosaženém počtu vyrobených tyčí bylo nutné vyměnit všechny destičky frézy. Náklady na břitové destičky jsou 200Kč/ks pro oba stroje. Výrobní takt strojů je 3ks / min.

Změna tvaru vyměnitelné destičky rovněž přispěla na úsporu nákladů výroby. Vzhledem ke srovnání metod, není změna tvaru destičky zohledněna ve výpočtech!

### 5.1 Původní metoda technologie frézování

Výpočet celkových nákladů na výrobu pevného dorazu:

$$C_{\text{ped}} = C_n + C_v = 2214 + 8300 = 10514 \text{ Kč} \quad (15)$$

Výpočet ceny nákladů na výrobu jednoho kusu:

$$N1K_{PM} = \frac{P_{VD} \cdot c_D}{M_{\text{max}}} = \frac{6 \cdot 200}{1000} = 1,2 \text{ Kč/ks} \quad (16)$$

\* v ceně nejsou zahrnuty ostatní výrobní náklady

### 5.2 Nová metoda technologie frézování

Výpočet celkových nákladů na výrobu pohyblivého dorazu:

$$C_{\text{pod}} = C_n - C_v = 41400 + 34790 = 76190 \text{ Kč} \quad (17)$$

Výpočet ceny nákladů na výrobu jednoho kusu:

$$N1K_{NM} = \frac{P_{VD} \cdot c_D}{M_{\text{max}}} = \frac{6 \cdot 200}{2000} = 0,6 \text{ Kč/ks} \quad (18)$$

\* v ceně nejsou zahrnuty ostatní výrobní náklady

### 5.3 Návratnost investice nové metody obrábění

Výpočet návratnosti investice v závislosti na vyrobených kusech:

$$X = \frac{C_{pod} - C_{ped}}{N1K_{PM} - N1K_{NM}} = \frac{76190 - 10514}{1,2 - 0,6} = \frac{65676}{0,6} = 109460 \text{ ks} \quad (19)$$

\* výpočet uvažuje minimální dvoubodové opotřebení břitu destičky

\*\* výpočet nezahrnuje možnou změnu tvaru destičky

Výpočet celkové investice s ohledem na „X“ původní metodou:

$$CN_{PM} = C_{ped} + X \cdot N1K_{PM} = 10514 + 109460 \cdot 1,2 = 141866 \text{ Kč} \quad (20)$$

Výpočet celkové investice s ohledem na „X“ novou metodou:

$$CN_{NM} = C_{pod} + X \cdot N1K_{NM} = 76190 + 109460 \cdot 0,6 = 141866 \text{ Kč} \quad (21)$$

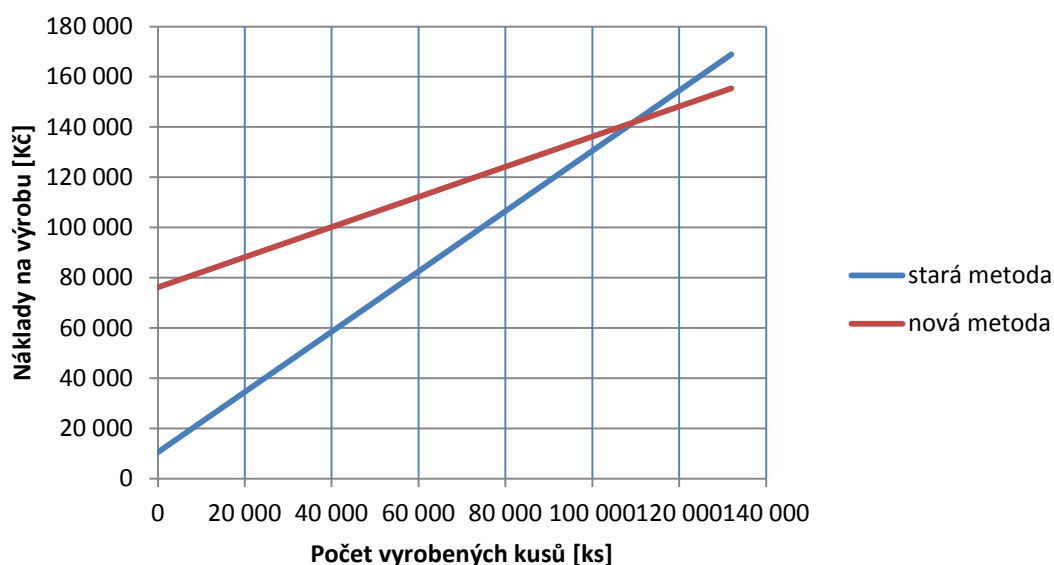
Výpočet vyrobených kusů za jednu pracovní směnu (tj. 8hod); kde  $T = 3 \text{ ks/min}$ :

$$P_{VK} = T \cdot 60 \cdot 8 = 3 \cdot 60 \cdot 8 = 1440 \text{ ks} \quad (22)$$

Výpočet návratnosti v hodinách při jednosměnné výrobě (tj. 8hod):

$$N_H = \frac{X}{P_{VK}} \cdot 8 = \frac{109460}{1440} \cdot 8 = 608 \text{ hod} \quad (23)$$

Graf 1 – Návratnost investice nové metody obrábění



## Závěr

V bakalářské práci je popsán návrh inovativní technologie obrábění tyčových polotovarů. Na základě této technologie byly vyvinuty následně vyrobeny dva jednoúčelové obráběcí stroje JB008 a JB010. Zadavatelem zakázky byla firma Valenta ZT, s. r. o. se sídlem ve Všetatech. Specifikované zařízení vyvinula a vyrobila společnost JCEE, s. r. o. se sídlem v Lanškrouně.

V teoretické části je uvedena původní výrobní technologie, nová inovativní výrobní technologie a samotná problematika frézování. Kapitola také obsahuje přestavení společnosti JCEE, s.r.o. Hlavní teoretickou částí práce je popis jednotlivých podskupin jednoúčelových zařízení a seznámení s principem teorie výrobní technologie.

Praktická část se zabývá konstrukčním návrhem na vylepšení nové metody obrábění. V této části je uvedena problematika inovativní technologie frézování a navržena nová metoda obrábění, jejíž návrh je ověřen výpočty.

V závěru práce jsou uvedeny dosažené výsledky. Dále je uvedeno srovnání výrobních nákladů původní metody frézování a nové metody frézování a výpočet návratnosti nákladů. Nová metoda prokazuje efektivnější využití ostří vyměnitelné břitové destičky a šetří tak výrobní náklady na jednu tyč při velkosériové výrobě. Navrženou metodou zákazník ušetří také na servisní výměně, což představuje minimalizaci výrobních ztrát. Původní metoda se prokázala jako vhodnější pouze při kusové výrobě. Nová metoda frézování je možné dosáhnout minimálně dvounásobné úspory nákladů na vyměnitelné břitové destičky. Návratnost investice byla vypočítaná za 608h, při 109460 ks obrobených tyčí.



**Seznam použité literatury:**

- [1] JCEE s. r. o. [online]. 2014 [cit. 2015-1-2]. Jednouúčelové stroje. Dostupné z: <<http://www.jcee.cz/nase-cinnost/jednoucelove-stroje>>.
- [2] JCEE s. r. o. [online] 2014 [cit. 2-1-2015]. Dostupné z: <<http://www.jcee.cz/o-spolecnosti/>>.
- [3] VELENTA ZT, s. r. o. [online] 2015 [cit. 10-3-2015]. Dostupné z: <<http://www.valentazt.cz/o-firme.html>>.
- [4] HAJZLER, J. *Návrh technologie obrábění komutátorů elektrických točivých strojů*: diplomová práce. Ostrava: VŠB – Technická universita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra obrábění a montáže, 2013, 64s. Vedoucí práce: Petruž, J.
- [5] DEJMEK, J. *Frézování*. Praha: ROH, 1951, 228s.
- [6] KOLEČKÁŘ, J. *Standardní obráběcí procesy v menších strojírenských firmách*. Brno 2012. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. 43s., 19 příloh. Vedoucí práce Ing. Milan Kalivoda.
- [7] VIGNER, M. ; PŘIKRYL, Z. a kolektiv. *Obrábění*. Praha: SNTL, 1984, 808s.
- [8] KLEPŠ, Z. *Základní mechanické součásti přístrojů*. Praha: SNTL, 1984, 208s.
- [9] KOS, F.; KRŇÁK, R.; JONÁŠ, M. *Základní kvalifikační učebnice a příručky*. Praha: ROH, 1971, 380s.
- [10] PRAMET TOOLS, s. r. o. [online] 2015 [cit. 10-4-2015]. Dostupné z: <<http://www.pramet.cz/>>.

- [11] T.E.A. TECHNIK, s. r. o. [online] 2015 [cit. 10-4-2015]. Dostupné z: <<http://www.teatechnik.cz/drazkovane-hridele/>>.
- [12] T B&R Headquarters [online] 2015 [cit. 10-4-2015]. Dostupné z: <<http://www.br-automation.com/cs/produkty/motion-control/stepper-motors/stepper-motors-without-encoder/80mpd3300s000-01/>>.
- [13] T B&R Headquarters [online] 2015 [cit. 10-4-2015]. Dostupné z: <[http://web.spssbrno.cz/web/dumy/sps,%20mec,%20cad/vy\\_32\\_inovace\\_1312.pd](http://web.spssbrno.cz/web/dumy/sps,%20mec,%20cad/vy_32_inovace_1312.pd)>
- [14] LEINVEBER, J.; VÁVRA, P. *Strojnické tabulky*. Praha: ALBRA, 2008, 920s.
- [15] STRÁNSKÝ A PETRŽÍK, Pneumatické válce spol. s r.o. [online] 2015 [cit. 12-4 2015]. Dostupné z: <<http://www.stranskyapetrzik.cz/pneu/pneumaticke-valce/technicke-informace-valce/>>.
- [16] MISUMI. [online] 2015 [cit. 12-4 2015]. Dostupné z: < [http:// http://www.misumi-europe.com/en/e-catalog/vona2/result/?Keyword=GEAHBB1.0-56-10-A-20](http://http://www.misumi-europe.com/en/e-catalog/vona2/result/?Keyword=GEAHBB1.0-56-10-A-20)>.



**Seznam obrázků**

Obrázek 1. Pásová bruska na srážení hran.....	10
Obrázek 2. Hlavní sídlo společnosti JCEE, s.r.o. [2].....	12
Obrázek 3. Frézovací stroj JB008.....	13
Obrázek 4. Opotřebovaná destička stroje JB008 .....	14
Obrázek 5. Frézovací stroj JB010.....	14
Obrázek 6. Planetové obrábění vnější [6].....	15
Obrázek 7. Planetové obrábění vnitřní [6].....	15
Obrázek 8. Půdorys stroje JB008.....	16
Obrázek 9. Rám stroje JB008 .....	17
Obrázek 10. Křížový stůl stroje JB008 .....	18
Obrázek 11. Dopravník stroje JB008.....	19
Obrázek 12. Kryty stroje JB008 .....	20
Obrázek 13. Vřeteno stroje JB008.....	21
Obrázek 14. Upnutí stroje JB008.....	22
Obrázek 15. Izometrický pohled stroje JB010.....	23
Obrázek 16. Půdorys stroje JB010.....	24
Obrázek 17. Rám stroje JB010 .....	25
Obrázek 18. Křížový stůl stroje JB010 .....	26
Obrázek 19. Upínání stroje JB010 .....	27
Obrázek 20. Vstup stroje JB010 .....	28
Obrázek 21. Vřeteno stroje JB010 .....	29
Obrázek 22. Kryty stroje JB010 .....	30
Obrázek 23. Pohyblivý doraz stroje JB010 .....	31
Obrázek 24. Pevný doraz na tyče stroje JB008 .....	32
Obrázek 25. Řez pevného dorazu stroje JB008 .....	33
Obrázek 26. Pohyblivý doraz stroje JB010 .....	34
Obrázek 27. Řez pohyblivým dorazem stroje JB010 .....	34
Obrázek 28. Znázornění odchylky předlohové tyče po obrobení .....	41
Obrázek 29. Ofrézovaná hladká tyč.....	42
Obrázek 30. Ofrézovaná závitová tyč.....	42
Obrázek 31. Obrobené závitové tyče původní technologií broušení .....	43
Obrázek 32. Obrobené závitové tyče inovativní technologií frézování.....	43
	49

**Seznam příloh**

	Počet listů
<b>Příloha A</b> – Specifikace stroje JB008 .....	1
<b>Příloha B</b> – Specifikace stroje JB010 .....	1
<b>Příloha C</b> – Drážkové hřídele a náboje .....	1
<b>Příloha D</b> – Drážkové hřídele a náboje .....	1
<b>Příloha E</b> – Výkres sestavy pevného dorazu .....	1
<b>Příloha F</b> – Výkres sestavy pohyblivého dorazu .....	3
<b>Příloha G</b> – Pneumatické schéma zapojení stroje JB010 .....	1

**Poděkování:**

Děkuji společnosti JCEE, s.r.o. za možnost vypracování bakalářské práce, především panu Ing. Michalovi Jarošovi za vstřícný přístup, poskytnutí podkladů a za cenné rady při řešení daného problému.

V neposlední řadě děkuji vedoucímu bakalářské práce panu doc. Ing. Vladimíru Vrbovi, CSc. za odborné vedení a cenné rady při tvorbě bakalářské práce.